

Masterthesis
zur Erlangung des
Master of Science in Real Estate (CUREM)

***Life-Cycle-Betrachtung bezüglich Interdependenzen zwischen
Investitions- und Betriebskosten bei Geschäftshäusern***

Name: Wolfgang Krull
Adresse: Arbachstrasse 60, 6340 Baar
Eingereicht bei:

- Markus Mettler
- Dr. Peter Staub

Abgabedatum: 19. Juli 2007

Dank

Ich danke meiner Frau Claudia und meinen Kindern Nicola, Noelia und Leandra für ihre Geduld und ihren Verzicht auf die entsprechende Aufmerksamkeit und Unterstützung von Ehemann und Vater. Im speziellen danke ich Claudia für Ihre Unterstützung, die sie mir während meiner Studienzeit und insbesondere während der Erarbeitung dieser Master Thesis, trotz ihres grossen Engagements mit den Kindern, entgegengebracht hat.

Wolfgang Krull

Baar, Juli 2007

**„Man kann nicht in die Zukunft schauen,
aber man kann den Grund für etwas Zukünftiges legen
– denn Zukunft kann man bauen“**

Antoine de Saint-Exupéry (1900 – 1944)

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangslage und Problemstellung	1
1.2	Kern des Problems	2
1.3	Lösungsmöglichkeiten	3
1.4	Zielsetzung der Arbeit; Abgrenzung.....	4
1.5	Aufbau der Arbeit	5
2	Lebenszykluskosten.....	7
2.1	Definition des Begriffs Lebenszykluskosten	7
2.2	Phasen des Gebäudelebenszyklus	8
2.3	Kostenanfall im Lebenszyklus	9
2.3.1	Beeinflussbarkeit der Kosten	10
2.3.2	Integrale Planung als Basis für niedrige Bewirtschaftungskosten..	11
2.3.3	Berücksichtigung der Betriebskosten in wissenschaftlichen Studien	12
3	Nutzungskosten	14
3.1	Begriffsdefinitionen	14
3.2	Gliederung nach DIN 18960	15
3.3	Kostentreiber in den Nutzungskosten	16
4	Betriebskosten	17
4.1	Kostentreiber in den Betriebskosten	17
4.2	Einsparungspotentiale	19
4.2.1	Ver- und Entsorgung.....	21
4.2.2	Reinigung und Pflege.....	23
4.2.3	Bedienung, Inspektion und Wartung	25
5	Investitions- und Nutzungskosten	26
5.1	Einflussfaktoren von den Erstellungs- auf die Nutzungskosten	26
5.2	Hauptgruppen der Nutzungskosten	27
6	Investitions- und Betriebskosten	28
6.1	Einflussfaktoren der Kostengruppe 200; Herrichten und Erschliessen	28
6.2	Einflussfaktoren der Kostengruppe 300; Bauwerk - Baukonstruktionen	30
6.3	Einflussfaktoren der Kostengruppe 400; Bauwerk - Technische Anlagen....	37
6.4	Einflussfaktoren der Kostengruppe 500; Aussenanlagen	41
6.5	Messbarkeit der Einflussfaktoren und deren Auswirkungen in der Nutzungsphase	44

7	Erstellungs- und Instandsetzungskosten.....	45
7.1	Trennung der Strukturen	45
7.2	Lebensdauer	46
8	Modelle / Methodik	48
8.1	Vorhandene Methoden	48
8.2	Anforderung an eine erfolgversprechende Methode.....	49
8.3	Modell zur Berechnung der Lebenszykluskosten	50
8.3.1	Ziele und Nutzen des Modells	50
8.3.2	Kostengruppen	51
8.3.3	Berechnungsformel	52
8.3.4	Umgang mit Preissteigerungen	53
8.3.5	Unterschiedliche Entwicklung der Preissteigerungen	53
8.3.6	Anwendung des Modells.....	59
9	Anwendungsbeispiele.....	62
9.1	Teilbereich Reinigung.....	62
9.1.1	Bodenbeläge: Vergleich Nadelvlies (Teppich) mit Granitbelag.....	62
9.1.2	Bodenbeläge: Vergleich Lebenszykluskosten inkl. und exkl. Betriebskosten.....	68
9.2	Teilbereich Energie	72
9.2.1	Wärmeerzeugung: Vergleich Fernwärme / „Low-Exergie“	72
9.2.2	Raumklimatisierung: Brüstungsgeräte Vergleich Fan Coil / Induktionsgerät	77
10	Schlussbemerkungen und Ausblick.....	84
	Anhang	87
	Literaturverzeichnis	104
	Ehrenwörtliche Erklärung	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Immobilien-Life-Cycle-Kosten	10
Abbildung 2: Beeinflussbarkeit und Höhe der Erst- und Folgekosten	11
Abbildung 3: FM-gerechte, integrale Planung als Basis niedriger Bewirtschaftungskosten	12
Abbildung 4: Einflussmöglichkeiten des Architekten aus den Baukonstruktionen auf die Höhe der Reinigungskosten.....	31
Abbildung 5: Einflussmöglichkeiten des Architekten aus den Baukonstruktionen auf die Höhe der Bauunterhaltungskosten.....	47
Abbildung 6: Vergleich Landesindex der Konsumentenpreise mit Schweizerischem Baupreisindex.....	54
Abbildung 7: Vergleich Landesindex der Konsumentenpreise mit Nominallohnindex ..	56
Abbildung 8: Verlauf des Reallohnindex.....	57
Abbildung 9: Vergleich der Lebenszykluskosten Bodenbeläge: Nadelvlies und Granit	64
Abbildung 10: Vergleich der Lebenszykluskosten Bodenbeläge: Nadelvlies und Granit Variante „zu Gunsten Granit“	67
Abbildung 11: Vergleich der Lebenszykluskosten Bodenbeläge: Nadelvlies und Granit Variante „zu Gunsten Nadelvlies“	67
Abbildung 12: Vergleich der Lebenszykluskosten Bodenbeläge: Fliesen, Teppich und Laminat.....	70
Abbildung 13: Bodenbeläge: Prozentuale Anteile der Lebenszykluskostengruppen inkl. und exkl. Betriebskosten.....	71
Abbildung 14: Vergleich der Lebenszykluskosten Wärmeerzeugung: Fernwärme und „Low-Exergie“; „moderate Energiepreissteigerungen“	75
Abbildung 15: Vergleich der Lebenszykluskosten Wärmeerzeugung: Fernwärme und „Low-Exergie“; „hohe Energiepreissteigerung Fernwärme“	76
Abbildung 16: Vergleich der Lebenszykluskosten Raumklimatisierung: Brüstungsgeräte Fan Coil / Induktionsgerät; Berechnung „Annahmen Ernst Basler & Partner AG“	80
Abbildung 17: Vergleich der Lebenszykluskosten Raumklimatisierung: Brüstungsgeräte Fan Coil / Induktionsgerät; Berechnung „Erhöhter Wartungsaufwand Induktionsgerät“	82
Abbildung 18: Vergleich der Lebenszykluskosten Raumklimatisierung: Brüstungsgeräte Fan Coil / Induktionsgerät; Berechnung „doppelter Strompreis“	83

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wechsel der Hauptakteure je nach Phase des Lebenszyklus	8
Tabelle 2: Verhältnis der Betriebskosten nach Gebäudequalität (OSCAR 2006)	17
Tabelle 3: Verhältnis der Betriebskosten (FM-Monitor)	18
Tabelle 4: Kostengliederung der relevanten Betriebskosten nach DIN 18960; Vergleich Ausgabe 1999/76	20
Tabelle 5: Zusammenhänge zwischen Kostengruppen der DIN 276 (1993) und Kostengruppen der DIN 18960 (1999)	26
Tabelle 6: Einflussfaktoren der Kostengruppe 200 „Herrichten und Erschliessen“ (DIN 276) auf die verschiedenen Betriebskostengruppen (DIN 18960, 1999)	30
Tabelle 7: Einflussfaktoren der Kostengruppe 300 „Bauwerk – Baukonstruktionen“ (DIN 276) auf die verschiedenen Betriebskostengruppen (DIN 18960, 1999)	36
Tabelle 8: Einflussfaktoren der Kostengruppe 400 „Bauwerk - Technische Anlagen“ (DIN 276) auf die verschiedenen Betriebskostengruppen (DIN 18960, 1999)	41
Tabelle 9: Einflussfaktoren der Kostengruppe 500 „Aussenanlagen“ (DIN 276) auf die verschiedenen Betriebskostengruppen (DIN 18960, 1999)	43
Tabelle 10: Bodenbeläge: Reinigungs-, Erstellungs- und Instandsetzungskosten pro m ²	65
Tabelle 11: Eingabeparameter für die Sensitivitätsberechnungen; Vergleich Lebenszykluskosten Bodenbeläge Nadelvlies zu Granitbelag	66
Tabelle 12: Lebenszykluskosten in €/m ² auf 100 Jahre: Vergleich Methoden Herzog und Krull	69
Tabelle 13: Eingabedaten zur Berechnung der Lebenszykluskosten der Varianten Fernwärme und „Low-Exergie“	73
Tabelle 14: Technischer Variantenvergleich Brüstungsgeräte zur Raumklimatisierung: Fan Coil und Modernes Induktionsgerät inkl. Eingabeparameter für Lebenszykluskostenberechnung	79

1 Einleitung

Bei der näheren Betrachtung der Thematik von Life-Cycle-Kosten einer Immobilie ist generell bekannt, dass die Betriebskosten während des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes die Investitionskosten um ein Mehrfaches übersteigen. In der Fachwelt spricht man davon, dass mit gezielten Mehrinvestitionen in der Erstellungsphase die Gesamtkosten (Investition und Betrieb), auf den Lebenszyklus betrachtet, reduziert werden können. Diese viel diskutierte Erkenntnis hat in der Praxis noch immer nicht zu einer bewussten Umsetzung gefunden.

1.1 Ausgangslage und Problemstellung

Jedem in der Immobilienwirtschaft tätigen Fachmann ist bekannt, dass die Baunutzungskosten im Verhältnis zu den Baukosten (Investitionskosten) einen massgeblichen Anteil ausmachen. Die Literatur spricht von Anteilen der Baunutzungskosten an den gesamten Lebenszykluskosten von bis zu 80–90% (Muser/Drings auf 50 Jahre 50-75%, Ehrenheim 80-90%, Gantenbein 85%, vgl. Kap.2.3).

Dass die Baunutzungskosten und die darin enthaltenen Betriebskosten eines Gebäudes bei der Planung und Erstellung massgeblich beeinflusst werden, wird kein Immobilienfachmann von der Hand weisen. Selbst der Umstand, dass die Einflussnahme auf diese Betriebskosten in den frühen Planungsphasen grösser ist und mit zunehmendem Baufortschritt abnimmt, ist bekannt und unbestritten (vgl. Kap. 2.3.1).

Trotz all dieser bestens bekannten, wissenschaftlich bearbeiteten und kaum bestrittenen Fakten, bleibt die Praxis davon erstaunlich unberührt.

Folgende Faktoren weisen auf die Ursache der fehlenden Umsetzung:

1. Es bestehen unterschiedliche Interessenslagen, der in den verschiedenen Phasen des Lebenszyklus einer Immobilie beteiligten Nutzniesser Die Interessenslage des Bauträgers/Erstellers ist es, möglichst tiefe Erstellungskosten im Verhältnis zum Verkaufserlös tragen zu müssen. Die Interessenslage des Betreibers/Nutzers ist die, während der späteren Nutzungsphase möglichst tiefe Betriebskosten tragen zu müssen. Diese Diskrepanz der Interessenslagen führt zum bekannten wirtschaftlichen „Bruch“ im Lebenszyklus von Gebäuden.
2. Bei Vergabe eines Bauvorhabens an einen Total- oder Generalunternehmer (TU/GU) ist es dessen Interesse eine möglichst kostengünstige Bauwerkserstellung zu realisieren. Dies aufgrund der mit den TU/GU üblicherweise vereinbar-

ten Verträgen, bei welchen der Unternehmer, bei Unterschreitung des vereinbarten Fixpreises, zusätzlichen Profit realisieren kann. Der TU/GU profitiert ökonomisch an einer günstigen Bauwerkserstellung/Bauweise und hat kein Interesse an langfristigen, nachhaltigen, auf den gesamten Lebenszyklus der Immobilie bezogenen, ökonomisch vorteilhaften Lösungen. Rein ökonomisch muss die Bauweise für den TU/GU so kostengünstig wie möglich sein und die Qualität und Langlebigkeit der verbauten Komponenten, nebst dem Aspekt der Firmenreputation, gerade so, dass die Garantiefristen eingehalten werden. Diese Bauweise führt zu höherer Kostenintensität der späteren Instandsetzungsmassnahmen wie auch zu höheren Betriebskosten.

Diesen Umständen kann entgegengewirkt werden. Bei PPP-Projekten (Public Private Partnership), bei welchen die öffentliche Hand in Zusammenarbeit mit privaten Institutionen gemeinsam als Investor auftritt und diese gemeinsame Investmentgesellschaft zugleich für den künftigen Betrieb der Immobilien verantwortlich ist, ist dieser Bruch der unterschiedlichen Interessen in den verschiedenen Lebensphasen der Immobile nicht mehr vorhanden. Dies bedeutet, dass bei solchen Konstellationen die aus ganzheitlicher Lebenszyklusbetrachtung ökonomisch besten Entscheidungen getroffen werden. Nun sind dies nur einige wenige Projekte die von diesem Umstand profitieren. Für alle anderen Bauvorhaben muss eine andere Lösung gefunden werden.

Eine kontroverse Diskussion des Autors mit Markus Mettler, Geschäftsführer von Halter Entwicklungen, Projektentwickler von Sihlcity in Zürich und Betreuer dieser Arbeit, hat zur Themenfindung und Bearbeitung dieser Master Thesis geführt.

1.2 Kern des Problems

Die beiden unter Kap.1.1 aufgeführten Gründe für die fehlende Gesamtsicht sind unbestrittene Tatsachen. Auch der Eingangs aufgeführte Umstand, der im Verhältnis zu den Erstellungskosten höheren Betriebskosten im Lebenszyklus einer Immobilie und des demzufolge grossen Einsparpotentials während der Nutzungsphase, wird nicht bestritten (vgl. Kap. 3.3).

Der Kern des Problems liegt darin, dass einem Investor während der Planungsphase einer Immobilie keine konkreten, plausibel nachvollziehbaren Zusammenhänge von allfälligen Mehrinvestitionen in der Erstellungsphase und deren positiven Auswirkungen auf den Netto-Cashflow während der Nutzungsphase aufgezeigt werden können. Die Fachwelt und die Literatur halten sich sehr zurück, konkrete, fassbare und entscheidungsgrundlegende Aussagen zu machen. Ehrenheim definiert das Problem wie folgt:

„Die Lebenszykluskosten – auch Life Cycle Costs – im FM kann nur funktionieren, wenn die Methoden vorliegen, mit denen eine zuverlässige Kostenberechnung erfolgen kann oder aber genügend Datenmaterial vorliegt, das die Anwendung statistischer Verfahren zulässt. Beides existiert momentan noch nicht.“¹

Aufgrund dieses Mankos werden heute zwar Aussagen und Empfehlungen zu betriebskostenoptimierter Bauweise getätigt, diese sind jedoch für den auf ökonomisch belegte Fakten fokussierten Immobilieninvestor zu abstrakt. Dies führt dazu, dass diese potentiellen Einsparungen in einer professionellen Bewertung einer Immobilie durch einen Investor nicht berücksichtigt werden, wodurch die notwendigen Mehrinvestitionen in der Gebäudeerstellung nicht refinanziert sind und auch nicht getätigt werden. Was nicht belegt werden kann, ist reine Glaubensfrage und kann nicht Grundlage für kostenrelevante Investitionsentscheide sein.

1.3 Lösungsmöglichkeiten

Ein Immobilieninvestor ist im Grundsatz daran interessiert, möglichst tiefe Gesamtkosten (Erstellungs- resp. Verzinsungs- und Betriebskosten) im Verhältnis zum Ertrag der Immobilie zu finanzieren. Können die Zusammenhänge zwischen Erstellungs- und Betriebskosten nachvollziehbar aufgezeigt werden, wäre ein Investor bereit die notwendigen Mehrinvestitionen zu Gunsten von reduzierten Betriebskosten zu tätigen, sofern die Betriebskosteneinsparung in einer DCF-Berechnung (Discounted Cash Flow - Berechnung) abgezinst die Mehrinvestitionen übersteigen. Die Senkung der Betriebskosten einer Immobilie führt zu einer Erhöhung des Netto-Cashflows. Bei Mietobjekten kann durch die tieferen Betriebskosten, welche dem Mieter in den Nebenkosten belastet werden, die Miete um diesen Anteil erhöht werden ohne die Wettbewerbssituation auf dem Vermietungsmarkt zu verändern (Miete inkl. Nebenkosten ist gleich wie Wettbewerb; nur bei neuen Objekten, Erstvermietung, sonst z.B. nach Renovationen aufgrund der mietrechtlichen Situation kaum möglich).² Dies bedeutet, dass mit einer solchen Immobilie eine höhere Nettorendite erzielt werden kann oder je nach Marktlage, die Immobilie für potentielle Mieter an Attraktivität gewinnt (kein Leerstand bei entsprechender Marktlage trotz Erreichung gewünschter Nettorendite). Zur Präzisierung muss hier festgehalten werden, dass lediglich solche Betriebskosten die beim Eigentümer bleiben oder die in den Nebenkosten auf den Mieter überwälzt werden hier von Bedeutung sind. Sämtliche Betriebskosten, die der Mieter aufgrund seiner spezifischen Nutzung selber einkauft (Bsp. Unterhaltsreinigung der Mietfläche, Energiebedarf von Mieterausbau-

¹ Ehrenheim (2003), Kap. 1.2

ten), haben in dieser Betrachtung keinen Einfluss, da solche Kosten für den Mieter immer zusätzlich anfallen und diese im Wettbewerb um die Mieterschaft keine Bedeutung haben.

Diese eine Betrachtungsweise, bei welcher der Netto-Cashflow erhöht wird, ist von Interesse, wenn ein Investor von der Cashflow-Rendite lebt und die Immobilie im Bestand hält. Soll das Objekt gleich nach der Erstellung verkauft werden, profitiert der Investor ebenso vom Effekt der Betriebskostensenkung. Durch die höhere Cashflow-Rendite wird die Immobilie in der DCF-Bewertung (bei dieser Methode werden zukünftig erwartete Cashflows auf einen Stichtag abdiskontiert)³ höher bewertet, so dass eine Wertsteigerungsrendite erzielt werden kann. Objekte, bei denen dies aufgezeigt werden kann, werden so unter Berücksichtigung einer Life-Cycle-Cost Betrachtung volks- und betriebswirtschaftlich optimaler ausgelegt. Das Objekt wird für den Investor attraktiver, sei es als gehaltenes Renditeobjekt im Bestand oder dadurch, dass es sich zu einem höheren Preis verkaufen lässt.

Damit ein Investor solche übergeordneten, ganzheitlichen Überlegungen anstellen kann, muss er nachvollziehbare Zusammenhänge zwischen konkreten Mehrinvestitionen in der Erstellungsphase und daraus resultierenden, künftigen Einsparungen in der Betriebsphase, transparent und plausibel ansehen können.

1.4 Zielsetzung der Arbeit; Abgrenzung

Ziel ist es, ein Modell zu entwickeln in welchem das Vorgehen zur Ermittlung der Zusammenhänge von Erstellungskosten und Betriebskosten aufgezeigt wird. Es sollen die kostensenkenden Einflüsse aus den nachhaltigen Investitionsentscheidungen (Einsatz entsprechender Bauweise/Komponenten, Materialien) auf die Baunutzungskosten aufgezeigt werden. Mit einem solchen Modell, welches nicht zu komplex sein darf, muss die Nachvollziehbarkeit der Zusammenhänge aufgezeigt werden. Auf der Basis dieser Ergebnisse müssen effektive Investitionsentscheidungen gefällt werden können. In diesem Modell werden die während des Lebenszyklus anfallenden Betriebs- und Instandsetzungskosten mittels einer DCF-Berechnung abgezinst und so mit den Investitionen zum Zeitpunkt t_0 verglichen. Zwei unterschiedliche Ausführungsvarianten können so bezüglich ihrer gesamten Lebenszykluskosten verglichen werden. An einigen Beispielen soll der Zusammenhang zwischen Erstellungs- und Betriebskosten transparent und

² Aepli (2000), OR Art. 269, Missbräuchliche Mietzinse.

³ Ritz (2006), S. 9.

konkret aufgezeigt werden. Diese Arbeit erhebt keinen Anspruch auf eine ausführliche und umfassende Betrachtung sämtlicher Einsparpotentiale einer Immobilie.

Eine umfassende Bearbeitung des Themas würde den Rahmen einer Master Thesis bei weitem sprengen. Die Arbeit soll eine Methode beschreiben, die praktikabel und plausibel für einen Investor nachvollziehbar ist. Auf der Basis der dargelegten Methode und der aufgezeigten Beispiele sollen weiterführende Überlegungen angestellt und das Modell weiter verfeinert und ausgebaut werden können. In den aufgeführten Beispielen wird nur auf Materialisierung oder Systemwahl einer Baukomponente eingegangen. Eine umfassende Betrachtung sämtlicher Möglichkeiten von Betriebskostenoptimierungen im Sinne von baubegleitenden Optimierungsmöglichkeiten wie Raumanordnung etc. können in diesem Modell, aufgrund der jeweils sehr objektspezifischen Gegebenheiten, nicht abgebildet werden.

Ein weiteres Ziel der Arbeit ist es, dem unter Kap. 1.1 aufgeführten „Bruch“ des Lebenszyklus (Erstellung/Betrieb) und den unterschiedlichen Interessen, der während des Lebenszyklus einer Immobilie verantwortlichen Hauptakteure (vgl. Tabelle 1), im Sinne einer optimierten Lebenszyklusbetrachtung der Immobilie entgegenzuwirken. Aus der ökonomischen Interessenslage eines Immobilieninvestors wird eine lebenszyklusoptimierte Gesamtbetrachtung der Immobilie zwangsläufig bevorzugt. Immobilienfachleute und Berater haben die Aufgabe den Investoren die notwendige Transparenz zu schaffen, damit eine solche Life-Cycle-Betrachtung angewendet und dadurch lebenszyklusoptimierte Entscheide getroffen werden können. Die Arbeit soll einen Beitrag zur Sensibilisierung dieses, für Investoren sehr bedeutungsvollen und optimierungsträchtigen Themas liefern.

1.5 Aufbau der Arbeit

Zu Beginn wird in der Arbeit auf die Problematik des Themenbereiches Lebenszykluskosten hingewiesen und aufgezeigt, in welcher Phase des Lebenszyklus die hohen, für den Optimierungsprozess relevanten Kosten anfallen und in welcher Phase des Lebenszyklus diese beeinflusst werden können. Die Untersuchung zeigt, dass der hohe Kostenanfall in der Nutzungsphase entsteht und diese Kosten in der Planung und Realisierung des Objektes am bedeutendsten beeinflusst werden können. Dann wird eruiert welches die kostentreibenden Positionen dieser Nutzungsphase sind. Diese kostentreibenden Positionen, die Betriebskosten, werden weiter untersucht. Der Zusammenhang zu den Investitionskosten wird hergestellt und die Abhängigkeiten werden aufgezeigt. Um der Gesamtsicht einer Lebenszykluskostenbetrachtung gerecht zu werden, wird auch der Zusammenhang zwischen den Instandsetzungskosten und den Investitionskosten aufge-

zeigt. Die erarbeiteten Resultate basieren auf einem eingehenden Literaturstudium und auf Befragungen von Fachspezialisten. Auf der Basis dieser Resultate wird ein Modell zur Berechnung der Lebenszykluskosten entwickelt. In diesem Modell werden jeweils zwei unterschiedliche Ausführungsvarianten, in Bezug auf ihre Lebenszykluskosten, miteinander verglichen. Da dieses Modell für Investoren nachvollziehbar sein muss, werden sämtliche Kosten auf den Zeitpunkt t_0 abdiskontiert (Barwert), analog der DCF-Berechnung einer Immobilienwertermittlung. Anhand des entwickelten Modells werden einige Beispiele berechnet und dokumentiert. Die wesentlichen Resultate werden zusammengestellt und der Nutzen der Modellanwendung für Investoren aufgezeigt.

2 Lebenszykluskosten

Die Lebenszykluskosten sind Dreh- und Angelpunkt dieser Arbeit. Bei der ökonomischen Betrachtung der Zusammenhänge von Erstellungs- und Betriebskosten geht es darum, durch Erkennung gewisser Abhängigkeiten die Gesamtkosten / Lebenszykluskosten zu optimieren. Ziel einer jeden Kostenoptimierungsmassnahme muss sein, den Fokus auf den gesamten Lebenszyklus einer Immobilie zu richten.

2.1 Definition des Begriffs Lebenszykluskosten

„Lebenszykluskosten (LZK) bezeichnen die totalen Kosten eines Systems während seiner gesamten Lebensdauer.“⁴ Mit dieser Definition nach Wübbenhorst werden die Erstkosten (oder Investitions-, Herstellungs-, Baukosten) gemeinsam mit den Folgekosten (oder Nutzungskosten) betrachtet. Der Betrachtungszeitraum oder die Dauer des Lebenszyklus wird durch die wirtschaftliche Nutzungsdauer des Objektes bestimmt. In der GEFMA-Richtlinie 220-1 werden die Lebenszykluskosten sinngemäss wie folgt definiert: „Die Lebenszykluskosten stellen die Summe aller über den Lebenszyklus von Facilities anfallenden Kosten (Kosten im Hochbau, Projektkosten, Nutzungskosten und Leerstandskosten) dar. LZK entsprechen den englischen Begriffen „Life Cycle Costs (LCC)“ und „Whole Life Costs (WLC)“.“⁵

Die SETAC geht in ihrer Definition noch viel weiter, indem auch die externen Kosten, wie z.B. die „graue Energie“,⁶ die in der entscheidungsrelevanten Zukunft internalisiert werden könnten, in ihre Lebenszyklusbetrachtung einbezogen werden: „Life Cycle Cost: All costs associated with the life cycle of a product (item) that are directly covered by any one or more of the actors in the product life cycle (supplier, producer, user /consumer, EoL-actor) with complementary inclusion of externalities that are anticipated to be internalised in the decision-relevant future.“⁷ Wenn man diese Definition ernst nimmt und die Situation unter dem Umstand der permanent abnehmenden Ressourcen (Bsp. Oel) und immer weiterführenden Umweltbelastungen, wie erhöhtem Ausstoss von Treibhausgasen (Bsp. CO₂) betrachtet, so ist es durchaus denkbar, dass der Einbezug der „grauen Energie“ dereinst auch durch staatliche Steuerungseffekte (wie z.B. CO₂-Abgabe; CHF 35.--/to CO₂ auf fossile Brennstoffe) eine wirtschaftliche Komponente erhält und für eine ökonomische Lebenszyklusbetrachtung in Zukunft sehr re-

⁴ Wübbenhorst (1984) S. 2 „Pelzeter (2006), S. 32 zitiert nach Wübbenhorst“.

⁵ GEFMA 220-1, Entwurf (2006), S. 2

⁶ Graue Energie: Energiemenge, die für die Herstellung, Transport und Lagerung sowie die Entsorgung eines Produktes verbraucht wird (Curem Vorlesung 27.08.2006 Richter, Skript S. 9).

levant werden kann. Zurzeit wird eine Volksinitiative lanciert (Ablauf der Sammelfrist ist der 29. November 2008), die eine Reduktion des CO₂-Ausstosses bis 2020 von 30% gegenüber demjenigen von 1990 verlangt. Im Verlauf dieser Arbeit werden solche Aspekte der Ökologie, die künftig auch ökonomische Auswirkungen auf die Lebenszykluskosten haben werden, an entsprechender Stelle erwähnt. In den Berechnungsbeispielen werden diese Aspekte im Sinne von Szenarios berücksichtigt.

Auf internationaler Ebene wird derzeit am Normenentwurf der ISO 15686-5 (2004) gearbeitet, in welchem die Vorgehensweise von Whole Life Costing (WLC)-Analysen bei Gebäuden und seinen Teilen beschrieben wird.⁸

2.2 Phasen des Gebäudelebenszyklus

Der Gebäudelebenszyklus gliedert sich in verschiedene Phasen. Der Zyklus beginnt mit der Initiierung (Projektentwicklung) und führt über eine Planung zum eigentlichen Bau, der Erstellung der Immobilie. Dann kommt die meist längere Nutzungsphase und am Ende des Zyklus der Rückbau oder Abbruch des Gebäudes.⁹ In nachstehender Tabelle wird aufgezeigt, dass in jeder Phase ein anderer Hauptakteur mit der Immobilie beschäftigt ist. Dies verdeutlicht den Kern des Problems einer ökonomischen Lebenszyklusbetrachtung, da sich die Partikularinteressen der verschiedenen Hauptakteure nicht zwingend mit der für die Immobilie übergeordneten, ökonomisch optimalen Sichtweise einer Lebenszyklusbetrachtung decken.

Phase	Hauptakteur	Aktivitäten	Phasenende
Initiierung	Bauherr / Entwickler	Projektentwicklung, Grundstücksicherung, Finanzierungskonzept, etc.	Gebäudekonzept
Planung	Architekt / Fachplaner	Entwurfs-, Genehmigungs-, Ausführungsplanung, Koordination der Fachplanung, Ausschreibung, etc.	ausführungsreife Planung
Bau	Baufirma	Baudurchführung, Übergabe, Mängelbeseitigung, Dokumentation, etc.	bezugsfertiges Gebäude
Nutzung	Betreiber / Nutzer	Gebäudebewirtschaftung, Sanierung, etc.	abrissreifes Gebäude
Rückbau	Verwerter	Selektiver Rückbau, Abriss, Recycling, Entsorgung, etc.	freies Grundstück

Quelle: Pelzeter (2006), S. 40

Tabelle 1: Wechsel der Hauptakteure je nach Phase des Lebenszyklus

⁷ SETAC Working Group LCC (2004), S. 9 (siehe www.setac.org) „Pelzeter (2006), S. 34 zitiert nach SETAC Working Group LCC“.

⁸ Herzog (2005), S. 19.

⁹ Pelzeter (2006), S. 38f.

2.3 Kostenanfall im Lebenszyklus

Die Verteilung der Lebenszykluskosten auf die einzelnen Phasen des Lebenszyklus wird in der Fachliteratur unterschiedlich beziffert, jedoch immer mit dem weitaus grössten Anteil während der Nutzungsphase.

Unter den Nutzungskosten sind grundsätzlich sämtliche Kosten, die in der Nutzungsphase einer Immobilie anfallen, zu verstehen. Für die Betrachtung der Kostenverteilung auf die verschiedenen Lebenszyklusphasen dürfen jedoch nur die in der Nutzungsphase ausgabewirksamen Kosten berücksichtigt werden. Die kalkulatorischen Kosten (Abschreibung und Kapitalkosten) dürfen hier nicht zu den Nutzungskosten gerechnet werden, da die Abschreibungskosten nichts anderes als die laufende Verbuchung (buchhalterischer Werteverzehr) der Erstellungs- oder Baukosten darstellen und in den Kapitalkosten lediglich die Verzinsung des bei der Erstellung investierten Kapitals enthalten ist. (Begriffe vgl. 3.1).

Muser/Drings beurteilen den Anteil der Betriebskosten, auf 50 Jahre betrachtet (ohne die zu den Baunutzungskosten gehörenden Kapital-, Verwaltungs- und Bauunterhaltungskosten/Instandsetzungen), auf 75 bis 275% der Baukosten. Die jährlichen Instandsetzungskosten werden mit 1,2 bis 2% vom Anlagenneuwert beziffert. Bei einem Betrachtungszeitraum von 50 Jahren entspricht dies nochmals 60 bis 100% der Baukosten. Dies bedeutet, dass die ausgabewirksamen Nutzungskosten (ohne Verwaltungskosten) ca. 1,35 bis 3,75¹⁰ mal höher sind als die Baukosten.¹¹

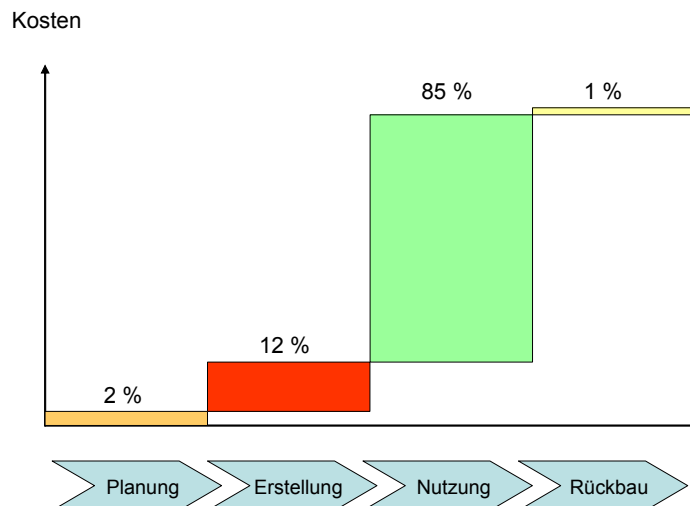
Auch Ehrenheim spricht davon, dass der weitaus grösste Teil der Lebenszykluskosten, in der Regel 80 bis 90%, in der Nutzungsphase entsteht.¹² Gantenbein ist der Auffassung, dass die Kosten der Nutzungsphase, bei einer Nutzungsdauer von 50 Jahren, je nach Nutzungsart, verglichen mit den Kosten der Erstellungsphase das 3 bis 10-fache betragen.¹³ Darüber, dass die massgeblichen Kostenpositionen in der Nutzungsphase anfallen, ist sich die Fachwelt einig. In nachstehender Grafik werden die Kostenverhältnisse im Lebenszyklus von Immobilien grob dargestellt.

¹⁰ 75%+60%=135%; 275%+100%=375%.

¹¹ Muser/Drings (1977), S. 70f.

¹² Ehrenheim (2003), Kap. 1.2.

¹³ Gantenbein (2003), S.90.



Quelle: Gantenbein (2003), S.91

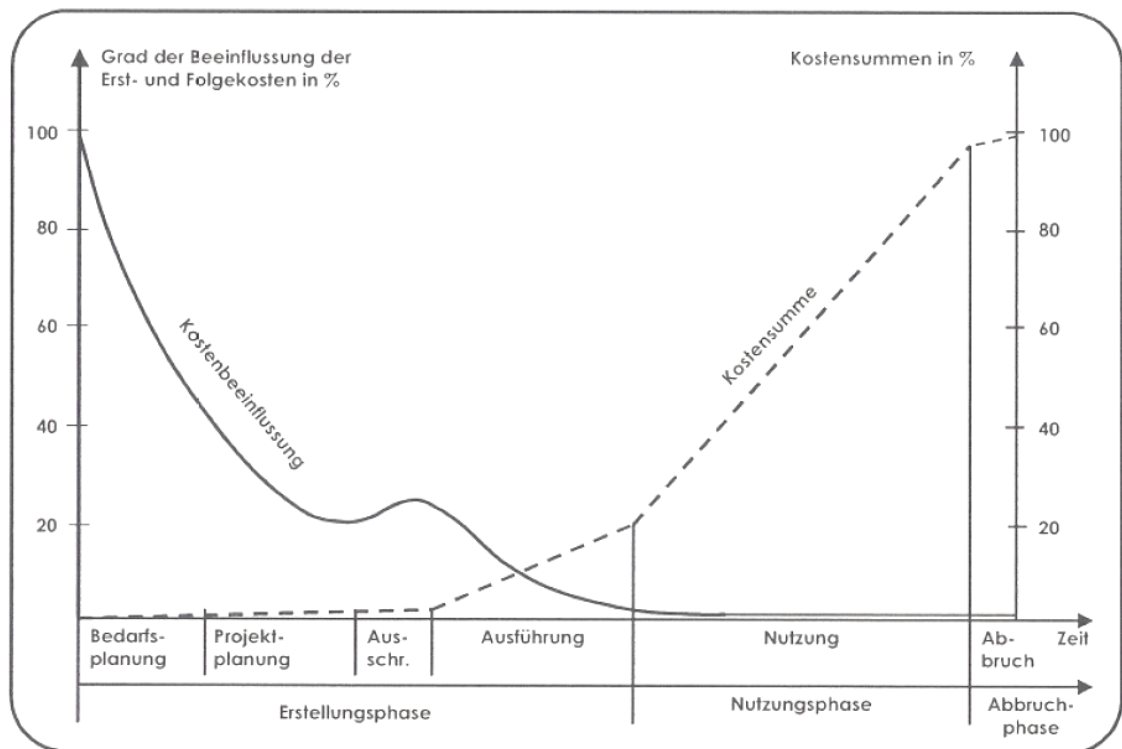
Abbildung 1: Immobilien-Life-Cycle-Kosten

2.3.1 Beeinflussbarkeit der Kosten

In allen Phasen der Lebensdauer eines Gebäudes müssen Entscheidungen getroffen werden, welche die Wirtschaftlichkeit bezüglich der Lebenszykluskosten beeinflussen. Den grössten Einfluss auf diese Kostensteuerung liegt in der Phase der Projektinitiierung und der Planung. Mit zunehmender zeitlicher Abfolge des Lebenszyklus nimmt diese Beeinflussbarkeit rapide ab. Vor Beginn der Ausführungsphase ist ein kurzer Anstieg der Kostenbeeinflussbarkeit durch die Auftragsvergabe möglich, sinkt dann aber insbesondere in der Nutzungsphase auf eine marginale Einflussnahme ab (vgl. Abbildung 2).¹⁴

Eine wichtige Erkenntnis aus dieser Gegenläufigkeit von Kostenanfall und dessen Beeinflussbarkeit ist die, dass der hohe Kostenanfall in der Nutzungsphase, während der Nutzungsphase selbst kaum noch beeinflusst werden kann. Die relevanten Massnahmen zur Kostenreduktion müssen in frühen Phasen des Projektes entschieden werden. Die richtigen Instrumente dazu fehlen heute noch oder werden zumindest in der Praxis nicht angewendet. Die in dieser Arbeit aufgezeigte Möglichkeit zur Schaffung solcher Instrumente, soll eine frühzeitige Umsetzung der wirtschaftlich relevanten Projektentscheide unterstützen.

¹⁴ Herzog (2005), S. 12f.



Quelle: Diederichs (1986), Abb. 1.01 aus Herzog (2005), S. 12

Abbildung 2: Beeinflussbarkeit und Höhe der Erst- und Folgekosten

2.3.2 Integrale Planung als Basis für niedrige Bewirtschaftungskosten

Während der Planung und Erstellung eines Gebäudes lassen sich, durch entsprechend auf die Nutzungskosten ausgerichtete Konzeptionen in Bezug auf die Lebenszykluskosten, Kostenoptimierungen realisieren. Je früher ein FM-Experte im Bereich des baubegleitenden FM (Facility Management) hinzugezogen wird, umso grösser sind die Erfolgsaussichten bezüglich Optimierungen der Bewirtschaftungskosten und somit des Kostentreibers Nr. 1 in den Lebenszykluskosten.¹⁵ Zur Nutzenerwartung und der Zahlungsbereitschaft für solche Planungsleistungen wird in Kap. 4.2.2 Reinigung und Pflege eingegangen.

In der DIN 18960 (1999) ist ein Grundsatz der Nutzungskostenermittlung wie folgt definiert: „Nutzungskostenermittlungen dienen als Grundlagen für die Kostenkontrolle, für Planungs-, Vergabe- und Ausführungsentscheidungen sowie zum Nachweis der entstandenen Nutzungskosten.“¹⁶ Hier wird deutlich darauf hingewiesen, dass die Nutzungskosten grundlegend in der Entscheidungsfindung der Planung und Ausführung

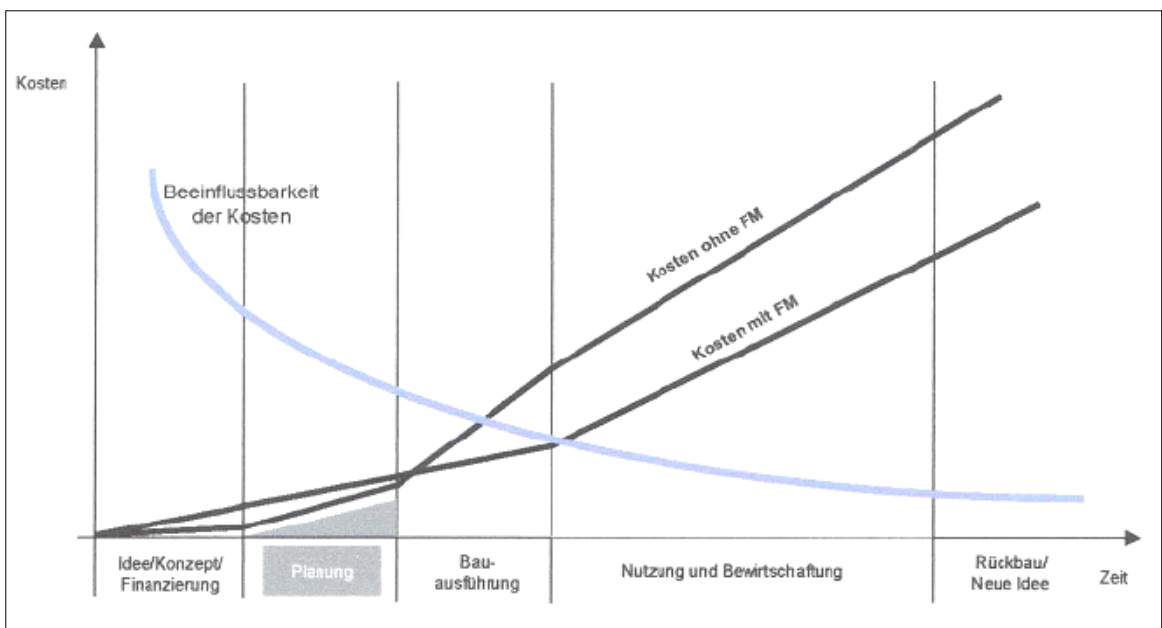
¹⁵ Ehrenheim (2003), Abs. 1.2.

¹⁶ DIN 18960 (1999), S. 2.

hinzugezogen werden sollen. Die Praxis zeigt, dass dieser Grundsatz nicht genügend ernst genommen wird. Schreibt doch Fröhlich in einer Selbstverständlichkeit: „Zweifellos bestimmen die Art der Baukonstruktion und die Gestaltung der Aussenanlagen die Höhe der Instandhaltungskosten [...], jedoch dürfte es äusserst selten vorkommen, dass sie die Planung eines Gebäudes bestimmen.“¹⁷

Grundsätzlich muss bei allen im Bauprozess beteiligten Fachleuten ein Kostendenken in Richtung Betrieb und Bewirtschaftung der Immobilie erreicht werden.¹⁸ Je grösser die Affinität zum Thema der Nutzungskosten ist, umso grösser ist die Umsetzungswahrscheinlichkeit und somit die Realisierung einer auf den Lebenszyklus optimierten Kostensituation von Immobilien.

In nachstehender Abbildung ist die Auswirkung einer baubegleitenden FM-Planung schematisch dargestellt.



Quelle: Congressband; Building Performance aus Ehrenheim (2003), Abs. 1.2

Abbildung 3: FM-gerechte, integrale Planung als Basis niedriger Bewirtschaftungskosten

2.3.3 Berücksichtigung der Betriebskosten in wissenschaftlichen Studien

In verschiedenen Lebenszykluskostenbetrachtungen werden selbst von renommierten Persönlichkeiten in diesem Themenbereich, typischerweise die unter die Betriebskosten

¹⁷ Fröhlich (2006), S. 214.

¹⁸ pom+ Consulting AG (2005), S. 53-55.

fallenden Reinigungskosten immer wieder vernachlässigt. So wird beispielsweise bei Menkhoff ¹⁹ in seinen auf 50 Jahre Betrachtungszeitraum ausgerichteten Wirtschaftlichkeitsvergleichen von Bodenbelägen, der massgebliche Kostentreiber für einen Produkt-entscheid, die Unterhaltsreinigung, mit keinem Wort erwähnt. Fairerweise muss man sagen, dass es in der Untersuchung um Baustoffe und deren Bauunterhaltungskosten (per Definition nach DIN 18960 1976 sind dies Instandsetzungskosten) geht. Die Konklusion aus dem Forschungsbericht lässt jedoch ohne Hinweise auf die zusätzlichen Betriebskosten, falsche Rückschlüsse bezüglich optimaler Variantenwahl zu. Ebenso wird in der Dissertation von Kati Herzog (vgl. 8.1), welche im Grundsatz die in dieser Arbeit getroffenen Überlegungen deckt, in einem Lebenszykluskostenvergleich von Bodenbelägen auf die Berücksichtigung der Unterhaltsreinigung verzichtet. In Kap. 9.1.2 wird der Lebenszykluskostenvergleich von Herzog mit dem in dieser Arbeit entwickelten Modell verglichen. In dem von Herzog entwickelten Tool „baulocc“ werden sämtliche Betriebskosten nach DIN 18960 (1999) Kap. 300 nicht berücksichtigt. Je nach Bauteil entsprechen die mit einer solchen, durchaus wertvollen und hilfreichen Methode ermittelten Kosten, nicht mehr den Lebenszykluskosten, da die grösste Position der ausgabewirksamen Kosten, die Betriebskosten (Kap. 300) nach DIN 18960 (1999), fehlt.²⁰

Auch Stoy vernachlässigt bei seiner These die Reinigungskosten. Am Beispiel von Bodenbelägen werde häufig argumentiert, dass Natursteinbodenbeläge zwar hohe Herstellungskosten, dafür aber aufgrund der vergleichsweise langen technischen Lebensdauer (50 Jahre), geringe Baunutzungskosten haben. In der Praxis könne diese technische Lebensdauer aufgrund der kürzeren wirtschaftlichen Lebensdauer (vgl. 7.2) nicht ausgenutzt werden, da der Natursteinbodenbelag schon früher aufgrund mangelnder Attraktivität ausgetauscht werde. Dies bedeute, dass die hohen Instandsetzungskosten (Bsp. Austausch) eines Granitbodenbelages dazu führen können, dass dieser letztlich keine geringeren Baunutzungskosten als ein Textilbelag verursache.²¹ Bei dieser Überlegung hatte Stoy nur die Instandsetzungskosten berücksichtigt. Unter Berücksichtigung der Reinigungskosten, welche bei einem Naturstein weit geringer sind als bei einem Textilbelag, ist die Wahl des Natursteinbelages (je nach Materialpreis) meist trotzdem die wirtschaftlichere Lösung. Der Vergleich der Lebenszykluskosten von Teppichbodenbelägen und Natursteinbodenbelägen wird in Kap.9.1.1 im entwickelten Modell verglichen.

¹⁹ Menkhoff (1979), S. 25f und S. 48–56.

²⁰ Herzog (2005), S. 86.

²¹ Stoy (2007), S. 117.

3 Nutzungskosten

Unter Nutzungskosten sind sämtliche Kosten, die in der Nutzungsphase im Lebenszyklus einer Immobilie anfallen, zu verstehen. Die Nutzungsphase bezeichnet die Phase im Lebenszyklus einer Immobilie, in welcher die höchsten Kosten anfallen (vgl. 2.3).

3.1 Begriffsdefinitionen

Der Überbegriff der in der Nutzungsphase anfallenden Kosten sind nach DIN 18960²² die Baunutzungskosten (Ausgabe 1976) oder die Nutzungskosten (Ausgabe 1999, vgl. 3.2). Die Nutzungskosten beinhalten die Kapitalkosten (100), Verwaltungskosten (200), Betriebskosten (300) und Instandsetzungskosten (400). Unter Instandsetzung fallen Massnahmen, welche die Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit des Bauwerks für eine festgelegte Dauer wiederherstellen. In der Regel sind dies Arbeiten grösseren Umfangs.²³ In der alten DIN 18960 (Ausgabe 1976) werden diese Kosten als Bauunterhaltungskosten bezeichnet.²⁴ Die Instandhaltungskosten sind in den Betriebskosten (300) enthalten, jedoch in den Überbegriffen in nachstehender Auflistung nicht explizit erwähnt. Die Kategorien 320, 330, 340 und 350 (vgl. 3.2) enthalten alle Instandhaltungsmassnahmen, bezogen auf die jeweiligen Gewerke. Unter Instandhaltung wird die Bewahrung der Gebrauchstauglichkeit des Bauwerks durch regelmässige und einfache Massnahmen verstanden.²⁵ Ein weiterer häufig verwendeter Begriff sind die Bewirtschaftungskosten. Bei pom+ werden im FM Monitor unter dem Begriff Bewirtschaftungskosten die Kostennutzungsgruppen Verwaltungskosten (200) und Betriebskosten (300) nach DIN 18960 (1999) verstanden.²⁶ Bei der Definition im deutschen Wertermittlungsverfahren § 18 (WertV 88) gehört zuzüglich zu den bei pom+ genannten Kostengruppen das Mietausfallwagnis (uneinbringliche Mietrückstände und Leerstand) hinzu.²⁷ In dieser Definition ist der Begriff jedoch sehr an die Funktionalität der Wertermittlung gebunden. Eine sonstige einheitliche Begriffsdefinition liegt nicht vor. In der vorliegenden Arbeit wird die Definition von pom+ übernommen. Wenn möglich werden die Begriffsdefinitionen nach DIN 18960 (1999) „Nutzungskosten im Hochbau“ und DIN 276 (1993) „Kosten im Hochbau“ verwendet.

²² DIN 18960 (1999), Tabelle 1, S. 3-6

²³ SIA 469 (1997), S. 15.

²⁴ SIA D 0165 (2000), S. 65.

²⁵ SIA 469 (1997), S. 14.

²⁶ pom+ Consulting AG (2005), S. 14.

²⁷ Leopoldsberger/Thomas (1998), S. 139f.

3.2 Gliederung nach DIN 18960

Die so genannten Baunutzungskosten werden in der Literatur meist nach DIN 18960 gegliedert. Selbst die SIA Dokumentation D 0165 verweist auf die Gliederung nach DIN 18960. Häufig wird in der Literatur auf die ältere Ausgabe von 1976 „Baunutzungskosten von Hochbauten“ Bezug genommen. In der neuen Ausgabe von 1999 „Nutzungskosten im Hochbau“ wurde die erwünschte Vereinheitlichung der Kosten-gliederung zur DIN 276 „Kosten im Hochbau“ nicht umgesetzt. Das für die Wirtschaftlichkeitsberechnung wichtige Kapitel „Abschreibungen“ wurde in der neuen DIN 18960 (1999) gestrichen. Viele existierende und wertvolle Daten basieren auf der Gliederung der alten Norm und können bei Anwendung der neuen Norm nicht mehr zu Vergleichszwecken beigezogen werden. Aus diesen Gründen hat sich die Ausgabe 1999 nicht gänzlich etabliert und die ältere Norm wird immer wieder zitiert²⁸. Da in dieser Arbeit die Abschreibungen keine Bedeutung haben (vgl. 3.3), wird der Bezug zur aktuelleren Norm geschaffen. Nachstehend ist die Kostengliederung der Nutzungskosten im Hochbau nach DIN 18960 Ausgabe 1999 nach den Hauptkapiteln aufgeführt:²⁹

100 Kapitalkosten

110 Fremdkapitalkosten

120 Eigenkapitalkosten

200 Verwaltungskosten

210 Personalkosten

220 Sachkosten

290 Sonstiges

300 Betriebskosten

310 Ver- und Entsorgung

320 Reinigung und Pflege

330 Bedienung der technischen Anlagen

340 Inspektion und Wartung der Baukonstruktion

350 Inspektion und Wartung der technischen Anlagen

360 Kontroll- und Sicherheitsdienste

370 Abgaben und Beiträge

390 Sonstiges

400 Instandsetzungskosten

410 Instandsetzung der Baukonstruktion

420 Instandsetzung der technischen Anlagen

430 Instandsetzung der Aussenanlagen

440 Instandsetzung der Ausstattung

²⁸ Naber (2002), S. 29-32.

²⁹ DIN 18960 (1999), Tabelle 1, S. 3-6.

In dieser Arbeit werden die Auswirkungen von verschiedenen Ausführungsvarianten in der Gebäudeerstellung auf die Nutzungskosten dargelegt. Für diese Betrachtung sind die Kapitalkosten (100), die Betriebskosten (300) und die Instandsetzungskosten (400) relevant. Die Verwaltungskosten (200) sind für eine Vergleichsbetrachtung nicht relevant, da diese durch die Wahl der Ausführung nicht beeinflusst werden.³⁰

3.3 Kostentreiber in den Nutzungskosten

Nach Stoy haben vor allem die Strategien in Form des bilanziellen Buchwertes und der Abschreibungsdauer des Grundausbaus einen grossen Einfluss auf die Baunutzungskosten. Diese so genannten kalkulatorischen Kosten verursachen ca. 60% der Baunutzungskosten. Untersucht und errechnet wurden diese Gegebenheiten anhand von Daten aus 116 Objekten. Die ausgabewirksamen Kosten weisen mit 40% den kleineren Anteil der Baunutzungskosten auf. Diese Kosten werden durch den Outsourcinggrad des technischen Managements und die Gebäudeeigenschaften (wie Standard und Zustand der Haustechnik) beeinflusst. Aus der Untersuchung an den genannten 116 Objekten geht hervor, dass die Instandhaltung der technischen Anlagen, die Reinigung und Pflege wie auch die Ver- und Entsorgung die grössten Nutzungskostenanteile verursachen.³¹ Die kalkulatorischen Kosten sollten den effektiven Gegebenheiten entsprechen (Buchwerte dem Marktwert und Abschreibungen dem tatsächlichen Werteverzehr).³² So wird sichergestellt, dass dieser grosse Anteil der Nutzungskosten (60%) entsprechend seinem effektiven Anfall zugewiesen wird (ansonsten werden die ersten Jahre nach Erstellung zu hoch mit diesen kalkulatorischen Kosten belastet). Für die Umsetzung von Einsparungspotentialen im Zusammenhang mit den Erstellungskosten sind jedoch nur die ausgabewirksamen Kosten (die genannten 40%) von Bedeutung. Die obgenannten kalkulatorischen Kosten sind aus Investorensicht, bezüglich der Optimierung von Lebenszykluskosten oder aus bewertungstechnischer Sicht einer DCF-Bewertung einer Liegenschaft, irrelevant. Die relevanten, ausgabewirksamen Kosten sind in den Nutzungskategorien Betriebskosten (300) und Instandsetzungskosten (400) enthalten. Aus diesem Grund werden im weiteren Verlauf dieser Arbeit nur diese relevanten Kosten betrachtet.

³⁰ Naber (2002), S. 142.

³¹ Stoy (2005), S. 146f.

³² Stoy (2005), S. 153f.

4 Betriebskosten

Der Begriff Betriebskosten, wie dieser auch im Titel dieser Arbeit aufgeführt ist, betrifft per Definition nach DIN 18960 nur einen Teil der Baunutzungskosten. Die Betriebskosten sind jedoch die Nutzungskostengruppe, welche nachweislich die grössten Kostenpositionen der Nutzungskosten verursacht.

4.1 Kostentreiber in den Betriebskosten

In der Büronebenkostenanalyse von Jones Lang LaSalle (Oscar 2006),³³ in welcher die Nebenkosten für bürogenutzte Immobilien in Deutschland für das Kalenderjahr 2005 ermittelt wurden, basieren die verwendeten Kostendaten auf insgesamt 397 Gebäuden mit einer Gesamtfläche von knapp 6 Mio. m² Netto-Grundfläche. In dieser Studie wird auch eine Vollkostenanalyse publiziert, die auf insgesamt 139 Objekten und 2,2 Mio. m² Netto-Grundfläche basiert. In diesen Vollkosten sind die Betriebs- und Flächenbereitstellungskosten für Bürogebäude nach DIN 18960 aufgeführt. In diesen Vollkosten sind, zuzüglich zu den nutzerspezifischen Betriebskosten, auch die sonstigen beim Eigentümer verbleibenden Kosten (z.B. Instandsetzungen) enthalten. Die aus dieser Studie hervorgehenden Kostenverhältnisse in Bezug auf die Gliederung nach DIN 18960 sind in nachstehender Tabelle dargestellt. Die grün markierten Kostengruppen sind die ausgabewirksamen Betriebskosten. Die angegebenen Kosten sind in Euro/m² und Monat aufgeführt:

Kostenkategorie	Einfach Anteil in %	Euro/m2 *	Hoch Anteil in %	Euro/m2 *
Zinsen Kapitalkosten		8,55		12,55
Abschreibung		2,35		4,48
Verwaltungskosten		0,38		0,51
Wartung u. Instandsetzung, Hausmeister	27%	1,02	29%	1,51
Strom	13%	0,48	12%	0,62
Wärme / Kälte	11%	0,40	10%	0,51
Wasser / Kanal	3%	0,11	3%	0,14
Total Ver- Entsorgung	26%	0,99	24%	1,27
Reinigung, Sonstiges	22%	0,83	21%	1,10
Bewachung	9%	0,35	11%	0,55
öff. Abgaben und Versicherung	16%	0,59	15%	0,77
Bauunterhalt (Instandsetzung)		0,32		0,53
Total Betriebskosten	100%	3,78	100%	5,20

Betriebskosten

* Kosten pro Monat

Anlehnung an: Jones Lang LaSalle (2006), OSCAR 2006 Büronebenkostenanalyse, S. 19

Tabelle 2: Verhältnis der Betriebskosten nach Gebäudequalität (OSCAR 2006)

³³ Jones Lang LaSalle (2006), S. 5, 19.

Die aus der Studie entnommenen Betriebskostenanteile zeigen auf, dass die Bereiche „Wartung, Instandsetzung, Hausmeister“ (27-29%), „Ver- und Entsorgung“ (24-26%) und „Reinigung, Sonstiges“ (21-22%) die massgeblichen Betriebskostenanteile ausmachen.

Der jährlich von pom+ Consulting AG herausgegebene FM-Monitor,³⁴ eine Studie über den FM-Markt der Schweiz, zeigt ähnliche Kostenverteilungen in den Betriebskosten auf. Die Studie basierte im Jahr 2005 auf 293 Objekten und einer Geschossfläche von knapp 6 Mio. m² für den Bereich Handel und Verwaltung. In nachstehender Aufstellung werden die Betriebskosten der verschiedenen Nutzungskostengruppen erhoben an Objekten im Bereich Handel und Verwaltung für die Jahre 2004 und 2005 aufgeführt. Die Kosten beziehen sich auf CHF/m² und Jahr.

Nutzungskostengruppe	Jahr 2005		Jahr 2004	
	Anteil in %	CHF/m2 *	Anteil in %	CHF/m2 *
Ver- und Entsorgung	29%	15.90	28%	16.95
Reinigungskosten	27%	14.80	26%	15.45
Überwachungs- und Instandhaltungskosten	33%	18.50	36%	21.55
Kontroll- und Sicherheitsdienste	9%	4.80	8%	4.80
Abgaben und Beiträge	2%	1.30	2%	1.20
Verwaltungskosten		7.60		7.55
Total Betriebskosten	100%	55.30	100%	59.95

Betriebskosten

* Kosten pro Jahr

Anlehnung an: pom+ Consulting AG (2005), FM Monitor 2005, S. 21

Tabelle 3: Verhältnis der Betriebskosten (FM-Monitor)

Auch hier liegen die Kostentreiber der Betriebskosten in den Bereichen „Überwachungs- und Instandhaltungskosten“ (33-36%), „Ver- und Entsorgung“ (28-29%) und der „Reinigung“ (26-27%). Rund 85% der Kosten aus der Gruppe Ver- und Entsorgung sind Energiekosten (ca. 24% der Betriebskosten).³⁵

Sowohl in der Studie aus dem FM-Monitor (2004 und 2005) wie auch in der Studie von Jones Lang LaSalle (OSCAR 2006) sind die gleichen Nutzungskostengruppen die Kostentreiber in den Betriebskosten.

³⁴ pom+ Consulting AG (2005), S. 19-21.

³⁵ pom+ Consulting AG (2005), S. 18f, Verhältnis der Ver- und Entsorgungskosten von CHF 15.90/m² und Jahr zu den reinen Energiekosten von CHF 13.50/m² und Jahr ergibt 85%. Diese CHF 13.50/m² und Jahr sind im Verhältnis zu den gesamten Betriebskosten von CHF 55.30/m² und Jahr 24%.

4.2 Einsparungspotentiale

Bei Betrachtung der Einsparungspotentiale innerhalb der Betriebskosten werden nur noch die ausgaberelevanten Kosten einbezogen. Die kalkulatorischen Kosten (bilanzieller Buchwert und Abschreibung) sind nicht Gegenstand weiterer Untersuchungen in dieser Arbeit. In den aufgezeigten Kostentreibern der Betriebskosten, liegen aufgrund deren grossen Volumen auch die grossen Einsparungspotentiale.

Die aus den beiden Studien ersichtlichen Kostentreiber der Betriebskosten beziehen sich auf jeweils drei Nutzungskostengruppen (vgl. Kap. 4.1). Es sind dies die nach DIN 18960 (1999) unter den Betriebskosten aufgeführten Kostengruppen 310 „Ver- und Entsorgung“, 320 „Reinigung und Pflege“ und die aus den drei Kostengruppen 330, 340 und 350 zusammengefasste Kostengruppe „Bedienung, Inspektion und Wartung“. Die drei Kostengruppen werden in nachstehender Tabelle farblich unterschiedlich markiert. Da im Laufe der Untersuchung auch immer wieder die ältere Norm von 1976 zitiert wird, ist in folgender Darstellung der Bezug der Kostengliederung zwischen den Nutzungskostengruppen dieser beiden Ausgaben der Norm (1999/76) dargestellt.³⁶

³⁶ SIA D 0165 (2000), S. 63-66.

DIN 18960 Ausgabe 1999		DIN 18960 Ausgabe 1976	
300 Betriebskosten	310 Ver- und Entsorgung	5. Betriebskosten	
	311 Abwasser, Wasser-, Gasanlagen	5.2 Abwasser und Wasser	
	312 Wärmeversorgungsanlagen	5.3 Wärme und Kälte	
	313 Lufttechnische Anlagen	5.4 Strom	
	314 Starkstromanlagen		
	315 Fernmelde- und informationstechnische Anlagen		
	316 Förderanlagen	5.8 Sonstiges	
	317 Nutzungsspezifische Anlagen		
	318 Abfallbeseitigung		
	319 Sonstiges	5.1 Gebäudereinigung	
	320 Reinigung und Pflege	5.6 Wartung und Inspektion	
	321 Fassaden, Dächer		
	322 Fußböden		
	323 Wände, Decken	5.7 Verkehrs- und Grünflächen	
	324 Türen, Fenster		
	Ausstattung, Einbauten		
	325 Abwasser-, Wasser-, Gas-, Wärmeversorgungs- und lufttechnische Anlagen	5.8 Sonstiges	
	326 Starkstrom-, Fernmelde- und informationstechnische Anlagen, Gebäudeautomation	5.5 Bedienung	
	328 Geländeflächen, befestigte Flächen	5.6 Wartung und Inspektion	
	329 Sonstiges		
	330 Bedienung der technischen Anlagen		
	331 Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen	5.6 Wartung und Inspektion	
	332 Wärmeversorgungsanlagen		
	333 Lufttechnische Anlagen		
	334 Starkstromanlagen	5.6 Wartung und Inspektion	
	335 Fernmelde- und informationstechnische Anlagen		
	336 Förderanlagen		
	337 Nutzungsspezifische Anlagen	5.6 Wartung und Inspektion	
	338 Gebäudeautomation		
	339 Sonstiges		
	340 Inspektion und Wartung der Baukonstruktion	5.6 Wartung und Inspektion	
	341 Gründung		
	342 Aussenwände		
	343 Innenwände	5.6 Wartung und Inspektion	
	344 Decken		
	345 Dächer		
	346 Baukonstruktive Einbauten	5.6 Wartung und Inspektion	
	347 Sonstiges		
	350 Inspektion und Wartung der technischen Anlagen		
	351 Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen	5.6 Wartung und Inspektion	
	352 Wärmeversorgungsanlagen		
	353 Lufttechnische Anlagen		
	354 Starkstromanlagen	5.6 Wartung und Inspektion	
	355 Fernmelde- und informationstechnische Anlagen		
	356 Förderanlagen		
	357 Nutzungsspezifische Anlagen	5.6 Wartung und Inspektion	
	358 Gebäudeautomation		
	359 Sonstiges		

Quelle: SIA Dokumentation D 0165 (2000), S. 63-64

**Tabelle 4: Kostengliederung der relevanten Betriebskosten nach DIN 18960;
Vergleich Ausgabe 1999/76**

4.2.1 Ver- und Entsorgung

Wie schon unter Kap. 4.1 nachgewiesen, fallen 85% der Kosten aus der Nutzungskostengruppe Ver- und Entsorgung (310 nach DIN 18960, 1999) im Bereich Energie an. Daher wird in den nachstehenden Ausführungen dieser Rubrik lediglich auf Einsparpotentiale im Bereich der Energieoptimierung eingegangen. Es werden zwei Kategorien von Einsparpotentialen unterschieden. In erster Linie sind dies die durch eine gezielte, auf die Betriebskosten optimierte Bauweise erzielbaren Energieeinsparungen. Dieser Zusammenhang von Baukomponenten und deren Einfluss auf die Energiekosten wird in Kap. 6 „Investitions- und Betriebskosten“ behandelt. In zweiter Linie gibt es die betrieblichen Optimierungen, die unabhängig von der baulich erstellten Ausführungsvariante umgesetzt werden können. Diese werden zur Vervollständigung und im Sinne einer umfassenden Betrachtung nachstehend aufgeführt.

Ein grosses Energieeinsparpotential liegt in der Reduktion der Betriebszeiten der technischen Anlagen. Viele Anlagen sind zu Zeiten in Betrieb in denen dies nicht unbedingt nötig wäre (Mittagszeit, Randstunden). Eine Reduktion der minimal erforderlichen Raumtemperatur im Winter und bei klimatisierten Gebäuden der maximal zulässigen Raumtemperatur im Sommer, bringt enormes Energieeinsparungspotential. Typisch für Bürogebäude ist der tägliche, technische Regelbetrieb auch an Wochenenden und Feiertagen. „Durch Nacht- und Wochenendabschaltung kann bei üblicher Büronutzung eine Einsparung von etwa 10% bis 20% des Heizwärmeverbrauchs erreicht werden.“³⁷ Mit einer Absenkung der Vor- und Rücklauftemperaturen im Nahwärmenetz können weitere Einsparpotentiale erschlossen werden und mit einem verbesserten Laderegime der Warmwasserbereiter (Boiler), in welchem die Ladung nur zu bestimmten Zeitfenstern zugelassen wird, kann der Wärmeverbrauch ebenfalls gesenkt werden.³⁸ Eine weitere Optimierung kann mit verlängerten Nachlaufzeiten bei geschlossenem Mischer erreicht werden. Mit dieser Nachlaufverlängerung wird erreicht, dass die in den Leitungen vorhandene Wärme den beheizten Räumen und nicht dem unbeheizten Untergeschoss zugute kommt.³⁹ Das Nutzerverhalten hat einen weiteren wesentlichen Einfluss auf den Energieverbrauch. Mit entsprechender Sensibilisierung der Nutzer und sei es über die strikte Kostenzuweisung an die Verbraucher, kann hier einiges erreicht werden (benannte Reduktionen eingangs des Absatzes erwähnt: Lichtnutzung, Lüftungsverhalten / wenn natürliche Lüftung, Umgang mit Klimatisierung, etc.).

³⁷ Voss et al. (2005), S. 139.

³⁸ Krimmling/Oelschlegel/Höschle (2005), S. 68.

³⁹ Voss et al. (2005), S. 139.

Ein grosses Augenmerk sollte auf die Wahl des Energieträgers gelegt werden. Auf die Entwicklung der Energiepreise, die Ressourcenknappheit und den CO₂-Ausstoss, etc. wurde in Kap. 2.1, Definition Lebenszykluskosten, kurz eingegangen. Die Zusammenhänge der CO₂ Reduktionsverpflichtung des Bundes werden aufgrund der Brisanz und Aktualität nachstehend etwas ausführlicher beleuchtet.

Die Treibhausgase gelten als Auslöser der globalen Erwärmung. Die Zunahme dieser Treibhausgase ist insbesondere auf das Verbrennen fossiler Brennstoffe zurückzuführen. Am 16. Februar 2005 trat das Kyoto-Protokoll (Japan 1997) mit der Unterzeichnung von insgesamt 55 Ländern in Kraft. Diese 55 Länder erzeugen gemeinsam 55 Prozent der Treibhausgase. Die Schweiz wie auch die EU-Staaten haben sich dazu verpflichtet, die Treibhausgasemissionen der Jahre 2008–2012 im Durchschnitt um acht Prozent unter den Stand von 1990 zu vermindern (Im CO₂-Gesetz der Schweiz wurde sogar eine Reduktion von 10 Prozent bis 2010 festgesetzt). CO₂ macht mit 80 Prozent den grössten Teil der Treibhausgasemissionen in der Schweiz aus. Zentrales Instrument zur Erfüllung der Kyoto-Verpflichtungen und der Schweizer Klimapolitik ist das CO₂-Gesetz. Dieses Gesetz (seit 1.05.2000 in Kraft) sieht in erster Linie freiwillige Massnahmen der Wirtschaft zur Reduktion des CO₂ -Ausstosses vor. Wie sich inzwischen zeigt, genügen diese Massnahmen nicht, war doch der CO₂-Ausstoss im Jahr 2004 noch höher als 1990. Eine stufenweise Einführung der CO₂-Abgabe wird mit der am 1.07.2007 in Kraft getretenen CO₂-Verordnung umgesetzt. Hält die Schweiz Ihre im Kyoto-Protokoll vereinbarten Ziele nicht ein, muss der überschüssige Ausstoss von Treibhausgasen mit so genannten Emissionszertifikaten kompensiert werden. Zurzeit kostet die Kompensation einer Tonne CO₂ 30 Franken. Dieser Preis wird rasch ansteigen, wenn die Nachfrage nach solchen Zertifikaten steigt.⁴⁰

Aus der dargelegten Situation dürfte deutlich hervorgehen, dass fossile Energieträger künftig teurer werden und dies bei Wirtschaftlichkeitsüberlegungen in die Betriebskosten (CO₂-Abgaben) eingerechnet werden muss. Das Bundesamt für Energie stellt kostenlos einen CO₂-Abgaberechner zur Verfügung, mit welchem die Abgabebeträge errechnet werden können.⁴¹ Bei der Wahl der Energieträger fallen neben ökologischen auch immer Entscheidungen auf ökonomischer Basis. Es stellt sich die Frage, welches die alternativen Energieträger und was die Kostentreiber dieser Energien sind. Auf diese Frage wird im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter eingegangen.

⁴⁰ Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (2007).

⁴¹ http://www.bfe.admin.ch/energie/00572/00573/00626/index.html?lang=de&dossier_id=00734

4.2.2 Reinigung und Pflege

Diese Nutzungskostengruppe lässt sich in verschiedene Bereiche unterteilen. Nach Dyllick-Brenzinger⁴² lässt sich die Kostengruppe 5.1 Gebäudereinigung (nach DIN 18960 Ausg. 1976) in drei Bereiche gliedern:

- Innenreinigung
- Fensterreinigung
- Fassadenreinigung

Die Innenreinigung umfasst die Reinigung von Fussböden, Wänden, Decken, Inneneinrichtungen, Vorhängen und Sanitäröbekten. Sie ist aufgrund der hohen anfallenden Periodizität der kostenintensivste Bereich. Die Fensterreinigung schliesst neben der Glasreinigung die Reinigung der Fensterrahmen und der Sonnenschutzeinrichtungen ein. Die Fassadenreinigung umfasst die Reinigung der äusseren Gebäudehüllfläche abzüglich der Fenster- und Rahmenflächen. „Die Fassadenreinigung wird wegen ihres geringen Anteils an den Reinigungskosten nicht berücksichtigt.“⁴³

Die Reinigungskosten der haus- und betriebstechnischen Anlagen werden nach Gliederung der alten Norm (1976) in der Kostengruppe 5.6 Wartung und Inspektion eingerechnet. Die Kosten für die Reinigung von Aussenanlagen werden der Kostengruppe 5.7 Verkehrs- und Grünflächen zugerechnet. Diese Kostengruppe beinhaltet den kleinsten Anteil (0.3-3.3%) an den Gesamtbetriebskosten⁴⁴ und ist daher vernachlässigbar.

Gemäss Herrn Daniel Berti (Wetrok AG) fallen ca. $\frac{3}{4}$ der Reinigungskosten in der laufenden Unterhaltsreinigung an und beziehen sich massgeblich auf Bodenflächen und sanitäre Einrichtungen. Die anderen 25% teilen sich zu je einem Drittel auf Fenster /Fassadenreinigung, Grundreinigung und spezielle Tagesdienste auf.⁴⁵

Für die Kalkulation von Reinigungsdienstleistungen sind die nachstehenden drei wesentlichen, kostenrelevanten Faktoren von Bedeutung:

- Reinigungsfläche (m²)
- Reinigungshäufigkeit (Anzahl/Jahr)
- Reinigungsflächenpreis (CHF/m²)

⁴² Dyllick-Brenzinger (1980), S. 46-47.

⁴³ Dyllick-Brenzinger (1980), S. 51.

⁴⁴ Dyllick-Brenzinger (1980), S. 42, Tab. 17.

⁴⁵ Vgl. Interview vom 11.06.2007 mit Daniel, Berti.

Als weitere Einflussfaktoren der Reinigungskosten werden in der Literatur folgende Kriterien genannt:⁴⁶

- Oberflächenbeschaffenheit
- Sauberkeitsanforderung → Reinigungsintervall
- Mechanisierungsgrad
(Bsp. Bei Stützen vor der Wand im Korridor ist der Mechanisierungsgrad tiefer)
- Zugänglichkeit
- wirtschaftlicher Reinigungsbetrieb

Alle der genannten Faktoren beinhalten Einsparungspotentiale. Im Zusammenhang mit der Erzielung einer möglichst hohen Flächeneffizienz können Reinigungsflächen reduziert werden. Die Reinigungshäufigkeit ist im Wesentlichen von zwei Faktoren abhängig. Zum einen vom Verschmutzungsgrad, welcher von der spezifischen Umgebung oder Branche des Nutzers abhängt und zum anderen vom erforderlichen Leistungslevel oder Sauberkeitsanspruch. Mit der Reduktion der Reinigungsintervalle lassen sich erhebliche Kosteneinsparungen realisieren. Am Beispiel eines durch die Firma MIBAG⁴⁷ betreuten FM-Mandates in Zug kann aufgezeigt werden, dass durch die Reduktion des Reinigungsintervalls (Servicelevels) per Oktober 2006 eine Kosteneinsparung von jährlich ca. CHF 300'000.-- (über 30%) erzielt werden konnte.⁴⁸ Der Reinigungsflächenpreis hängt vom erreichbaren Reinigungsleistungswert ab (m^2/h). Dieser ist vom Mechanisierungsgrad, von der Zugänglichkeit und von der Materialisierung abhängig. Der Mechanisierungsgrad und die Zugänglichkeit der zu reinigenden Flächen sind von etlichen Aspekten der architektonischen Gestaltung abhängig und sehr objektspezifisch. Hier können im Sinne von baubegleitender FM-Planung grosse Potentiale ausgeschöpft werden. In der Studie des FM-Monitor 2005 ist rund $\frac{1}{3}$ der Befragten bereit, 3-5% der Baukosten während der Bauphase zusätzlich zu investieren um eine Reduktion der Bewirtschaftungskosten von 5-20% zu erreichen.⁴⁹

Der Einflussfaktor der Materialisierung hat unmittelbar einen Zusammenhang mit der Erstellung des Bauteils. Da dieser Einflussfaktor objektunabhängig ist, eignet er sich besonders um die jeweiligen Betriebskosten verschiedener Materialien miteinander zu vergleichen. Solche Zusammenhänge und deren Auswirkungen auf die Lebenszykluskosten aufzuzeigen ist mitunter Ziel dieser Arbeit. Anhand von Beispielen (vgl. Kap. 9.1) werden Einsparungspotentiale unter Anwendung des in Kap. 8.3 entwickelten Modells aufgezeigt.

⁴⁶ Braun/Menkhoﬀ/Sagebiel (1975), S. 17.

⁴⁷ Führender Anbieter von Facility Management Dienstleistungen in der Schweiz.

⁴⁸ Erfahrung aus der Praxis des Autors, Umgesetzt durch MIBAG Property + Facilitymanagement im FM-Mandat eines grossen, international tätigen Unternehmens in Zug.

4.2.3 Bedienung, Inspektion und Wartung

Diese Nutzungskostengruppe, die in der Tabelle 4 (Kap. 4.2 Einsparungspotentiale) gelb markiert ist, ist in den in Kap. 4.1 erwähnten Studien mit ca. $\frac{1}{3}$ der Betriebskosten die grösste in den Studien zusammengefasste Position. Diese Kostengruppe setzt sich aus den nach DIN 18960 (1999) gegliederten Nutzungskostengruppen 330 „Bedienung der technischen Anlagen“, 340 „Inspektion und Wartung der Baukonstruktion“ und 350 „Inspektion und Wartung der technischen Anlagen“ zusammen. Die in diesen Gruppen anfallenden Kosten sind auf viele einzelne Gewerke verteilt. Die dahinter stehenden Leistungen sind mittels Kostensplittung auf die einzelnen Leistungsbereiche nur schwer zu analysieren. Bei diesen Dienstleistungen finden häufig auch Verflechtungen und Synergien in der Leistungserbringung der einzelnen Unterpositionen statt. Da es sich um Dienstleistungen handelt, die bezüglich ihres zeitlichen Aufwandes sehr objektabhängig sind, lassen sich Standards in diesem Bereich nur mit erheblichem Aufwand definieren. Insbesondere wird gerade in diesen Kostengruppen die fehlende Verfügbarkeit von Nutzungskostendaten (Benchmarks) vermisst. Diese Kostengruppen eignen sich daher weniger gut, um Zusammenhänge zu den Investitionskosten systematisch in einem Modell aufzuzeigen. Es wird daher in der Folge vermehrt der Bezug zu den anderen beiden Betriebskostengruppen 310 „Ver- und Entsorgung“ und 320 „Reinigung und Pflege“ geschaffen.

Im Grundsatz gilt auch hier, wie bei der Betriebskostenkomponente Ver- und Entsorgung (Energie), dass mit zunehmendem Ausbau der Gebäudetechnik, die Betriebskosten in den Bereichen 330 „Bedienung der technischen Anlagen“ und 350 „Inspektion und Wartung der technischen Anlagen“ steigen.⁵⁰

⁴⁹ pom+ Consulting AG (2005), S. 47.

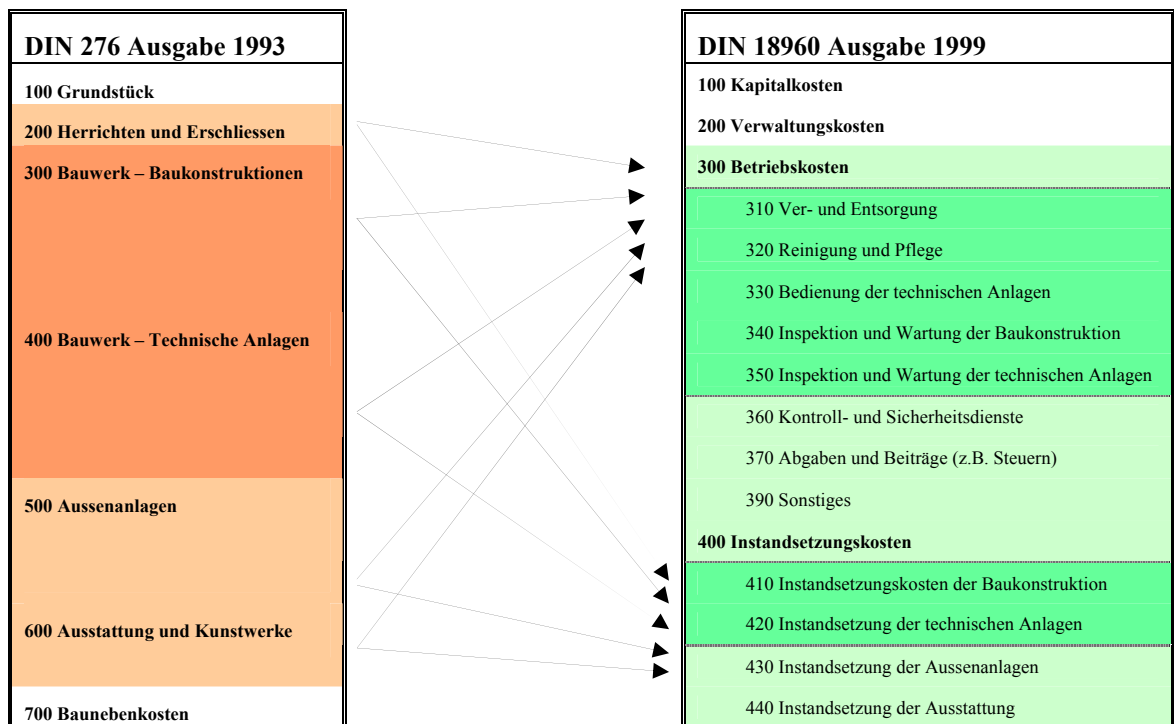
⁵⁰ Stoy (2007), S. 119; GEFMA (2006), S. 2, Tab. 1; Stoy (2005), S. 147; Naber (2002), S. 132.

5 Investitions- und Nutzungskosten

Die mögliche Einflussnahme in frühen Phasen des Lebenszyklus einer Immobilie und die entsprechenden Auswirkungen auf die Kosten der Nutzungsphase wurde in Kap. 2.3.1 behandelt. Nun geht es darum die entsprechenden Baukomponenten der Erstellungsphase, welche einen Einfluss auf die Nutzungskosten haben, zu lokalisieren. Diese Abhängigkeiten werden anhand der in der Praxis bekannten Kostengruppen gegliedert.

5.1 Einflussfaktoren von den Erstellungs- auf die Nutzungskosten

In nachstehender Abbildung werden die Baukosten nach den Hauptkapiteln der DIN 276, Kosten im Hochbau, aufgeführt. Es wird dabei jeweils der Bezug geschaffen, zu welchen Kostengruppen der Nutzungskosten im Hochbau nach DIN 18960 (Ausgabe 1999) diese Erstellungskosten in einem Abhängigkeitsverhältnis stehen. Die in der Abbildung kräftig eingefärbten Bereiche sind die bezüglich Volumen relevanten und somit kostentreibenden Bereiche.⁵¹



Anlehnung an: Naber (2002), S. 121; SIA Dokumentation D 0165 (2000), S. 63-64

Tabelle 5: Zusammenhänge zwischen Kostengruppen der DIN 276 (1993) und Kostengruppen der DIN 18960 (1999)

⁵¹ DIN 276 (1993), S. 4–12; DIN 18960 (1999), S. 3–6.

5.2 Hauptgruppen der Nutzungskosten

Auf die Abhängigkeiten der Erstellungskosten nach DIN 276 zu den Kapital- und Verwaltungskosten wird im Folgenden nicht weiter eingegangen. Sämtliche Kostengruppen der DIN 276 haben selbstverständlich einen Einfluss auf die Kapitalkosten gemäss DIN 18960. In vorstehender Tabelle 5 wird auf das Aufzeigen dieser Beziehung verzichtet. In der weiteren Betrachtung werden bewusst nur die Auswirkungen der Erstellungskosten auf die ausgabewirksamen Baunutzungskosten untersucht. Namentlich die Kostengruppen 300 Betriebskosten und 400 Instandsetzungskosten. Die Kapitalkosten haben nur bezüglich der Höhe der Gesamtinvestition einen Zusammenhang mit der Planung und Erstellung des Gebäudes. Diese Kosten werden schon im Interesse der kostenoptimalen Erstellung möglichst tief gehalten (tiefe Investitionskosten = tiefe Kapitalkosten).⁵² Die Kostengruppe 200 Verwaltungskosten (DIN 18960; Ausg. 1999) wie auch die Unterkostengruppe 370 Abgaben und Beiträge (hier sind nach DIN 18960; Ausg. 1999 die Steuern enthalten) können während der Planung und Bauphase nicht beeinflusst werden.⁵³ Die Zusammenhänge der Investitions-/Erstellungskosten zu den Nutzungskosten der beiden erwähnten Hauptgruppen wird in den folgenden Kap. 6 „Investitions- und Betriebskosten“ und Kap. 7 „Investitions- und Instandsetzungskosten“ aufgezeigt.

⁵² Naber (2002), S. 140.

⁵³ Naber (2002), S. 142-144.

6 Investitions- und Betriebskosten

Wie in Kap. 4 eingehend beschrieben, sind die Betriebskosten (Kostengruppe 300 nach DIN 18960; Ausg. 1999) der grösste ausgabenwirksame Kostentreiber im Lebenszyklus einer Immobilie. Es liegt daher auf der Hand, dass demzufolge auch das grösste Optimierungspotential in den Zusammenhängen zwischen der Investitions-/Erstellungskosten und den Betriebskosten liegen muss. Die in Kap. 4.2 lokalisierten Einsparungspotentiale der Hauptbetriebskostengruppen (310 bis 350) werden entsprechend ihrer Abhängigkeiten zu den Baukosten, der entsprechenden Baukostengruppe nach DIN 276 zugewiesen. Die Einflussmöglichkeiten während den verschiedenen Phasen der Planung und Erstellung eines Gebäudes bergen unterschiedliche Potentiale. Aufgrund deren grösseren Bedeutung, wird nur auf die Phasen der Baukostengruppen 200 „Herrichten und Erschliessen“, 300 „Bauwerk - Baukonstruktionen“, 400 „Bauwerk – Technische Anlagen“ und 500 „Aussenanlagen“ eingegangen.

6.1 Einflussfaktoren der Kostengruppe 200; Herrichten und Erschliessen

In dieser Baukostengruppe sind die Vorbereitungsmassnahmen wie Abbruch und Erschliessung des Grundstückes enthalten. Im Zusammenhang mit der Planung werden bereits hier Einflussmöglichkeiten auf die Nutzungskosten erkannt. Entscheidungen über den Bestand von Bewuchs und vorhandener Gebäudesubstanz haben bereits Einfluss auf die Nutzungskosten. Solche Entscheidungen haben in diesem frühen Stadium der Planung auch Einfluss auf die Lage des Gebäudes auf dem Grundstück, die Gebäudegeometrie und auf die Gestaltung der Aussenanlagen. Diese Entscheidungen haben wiederum Einfluss auf die Folgekosten in der Reinigung, bezüglich Energieverbrauch und den Unterhalt von Verkehrs- und Grünflächen, wie in der folgenden Tabelle im Einzelnen aufgezeigt wird. Die Beseitigung von mit Schadstoffen belasteten Untergründen ist auch in dieser Kostengruppe enthalten.⁵⁴ Ob eine Beseitigung notwendig wird, ist sehr von der Art der Nutzung abhängig. In diesem Fall entstehen Kostenfolgen bei den Baukosten infolge von Nutzungsanforderungen.⁵⁵ Bei der Erschliessung wird über die Wahl der Energieträger (Gas, Fernwärme, etc.) entschieden. Diese Energieträger werden in der Nutzungsphase die Versorgungskosten massgeblich beeinflussen.

In der nachstehenden Tabelle werden die Betriebskostenkomponenten ihrer Betriebskostengruppe nach DIN 18960 (1999) zugeteilt. Die dargelegten Einflussmöglichkeiten auf Einsparungspotentiale beziehen sich hier immer auf die Bauphase der Baukostengruppe 200 „Herrichten und Erschliessen“ nach DIN 276 (1993).

⁵⁴ DIN 276 (1993), S. 4.

⁵⁵ Naber (2002), S. 125.

Kosten- gruppe DIN 18960 (1999)	Betriebskosten- komponenten	Ausführungsvariante und Augenmerk bei Herrichten und Erschliessen (200; DIN 276) mit Auswirkungen auf die Betriebskosten
310	Ver- und Entsorgung	
312 313 314	Wärmever- sorgungsanlagen Lufttechnische Anlagen Starkstromanlagen	Die Lage, Geometrie, Ausrichtung, Beschattung und Besonnung des Gebäudes haben Einfluss auf den Energiehaushalt. ⁵⁶ Je weniger Fassadenfläche und auch Dachfläche im Verhältnis zum Nutzvolumen desto weniger Energie wird benötigt. Es ist in dieser Planungsphase darauf zu achten, dass das Gebäude mit Fensterflächen nach Süden ausgerichtet ist. Nach Norden müssen möglichst gute u-Werte erreicht werden (am einfachsten weniger oder kleine Fenster). ⁵⁷ Es ist bei den geplanten Fenstern eine gute Beschattungsmöglichkeit vorzusehen. Damit kann die Kühllast im Sommer massgeblich reduziert werden. Viele dieser Entscheide werden zwar erst in der Kostengruppe 300 (DIN 276) ausgeführt. In der Planung werden jedoch, aufgrund der notwendigen Massnahmen aus 200 (Herrichten und Erschliessen), solche Entscheidungen meist ohne Berücksichtigung dieser Aspekte gefällt.
311 312 317	Abwasser-, Wasser-, Gas- anlagen Wärmever- sorgungsanlagen Nutzungs- spezifische Anlagen	Im frühen Stadium der Erschliessung wird entschieden, mit welchem Energieträger z.B. künftig beheizt wird, ob eine allfällige, bestehende Gasleitung bestehen bleibt oder das Grundstück künftig z.B. mit Fernwärme versorgt wird. Bereits jetzt müssen Wirtschaftlichkeitsberechnungen bezüglich der Wahl des Energieträgers angestellt werden.
320	Reinigung und Pflege	Bei diesen Kriterien geht es jeweils darum, ob die Struktur belassen, angepasst oder abgebrochen wird.
322	Fussböden	Die Oberflächen (offen oder geschlossen) von Zufahrten und Wegen, deren Bewitterung und deren Ausmass (Länge) haben einen Einfluss auf den Schmutzeintrag ins Gebäude und dadurch auf die Reinigungskosten. Empfehlung: Befestigte, geschlossene Oberflächen zu den Gebäuden. Falls Chaussierung nötig ist, muss darauf geachtet werden, dass direkt vor dem Gebäudeeingang eine befestigte Oberfläche erstellt wird. ⁵⁸

⁵⁶ Naber (2002), S. 125.

⁵⁷ Jochem/Jakob (2003), S. 16; Naber (2002), S. 130.

⁵⁸ Vgl. Interview vom 11.06.2007 mit Daniel, Berti.

Kosten- gruppe DIN 18960 (1999)	Betriebskosten- komponenten	Ausführungsvariante und Augenmerk bei Herrichten und Erschliessen (200; DIN 276) mit Auswirkungen auf die Betriebskosten
328	Geländeflächen, befestigte Flächen	Die Beschaffenheit der Oberflächen (offen oder geschlossen) von Zufahrten und Wegen (Verkehrsflächen) haben einen Einfluss auf deren Reinigung und Unterhalt (Bsp. Kiesweg muss laufend nachgearbeitet werden. Zuführung von Kies und Säuberung der angrenzenden Flächen). Die Reinigungs- und Unterhaltskosten von Grünflächen werden massgeblich durch die Art der Bepflanzung beeinflusst (Rasenschnitt, Laub, Früchte von Bäumen die Flecken verursachen, etc).

Tabelle 6: Einflussfaktoren der Kostengruppe 200 „Herrichten und Erschliessen“ (DIN 276) auf die verschiedenen Betriebskostengruppen (DIN 18960, 1999)

6.2 Einflussfaktoren der Kostengruppe 300; Bauwerk - Baukonstruktionen

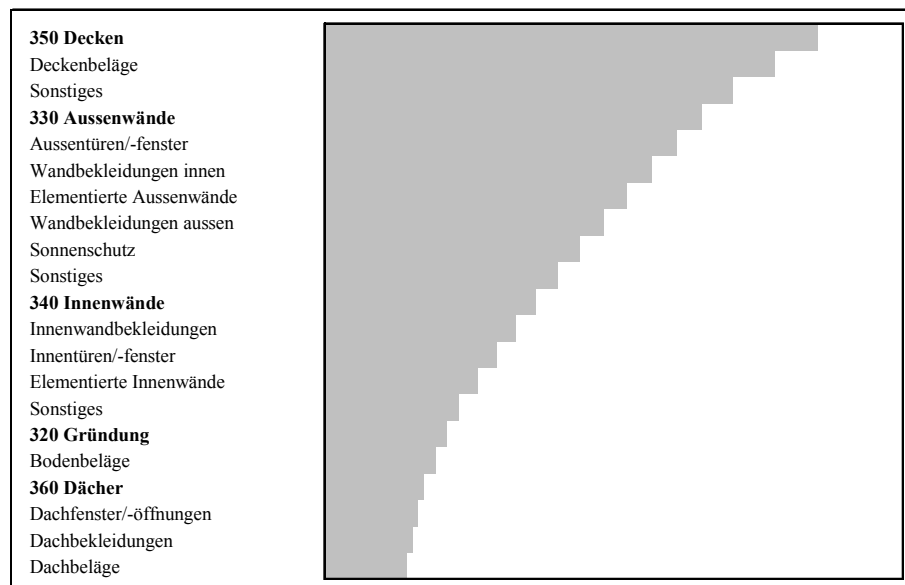
In dieser Kostengruppe sind mit Ausnahme der technischen Gebäudeausrüstung und der Gebäudeausstattung (bewegliche oder ohne besondere Massnahmen zu befestigende Teile) sämtliche baulichen Leistungen am Gebäude enthalten.⁵⁹ Die Nutzungsanforderungen haben Auswirkungen auf die Anforderungen aus der Statik, die Auflagen aus dem Bereich des Brandschutzes und die architektonische Gestaltung des Bauwerks. Diese architektonische Gestaltung wirkt sich wiederum auf Geometrie, statische Erfordernisse, Materialien und deren Lebensdauer sowie bauphysikalische Eigenschaften aus. Der Architekt hat demzufolge während der Planungsphase gute Möglichkeiten die Wirtschaftlichkeit des Gebäudes im Bereich der Baukonstruktion zu beeinflussen.⁶⁰

Mit Ausnahme der Baugrube haben Planungsentscheidungen im Bereich der Kostengruppe 300 (DIN 276) Einfluss auf die Reinigungskosten (Betriebskosten Kostengruppe 320, DIN 18960). Den grössten Einfluss bei den Reinigungskosten hat, aufgrund des hohen Intervalls, die Innenreinigung. Die Fenster- und noch weniger die Fassadenreinigung fallen bei dieser Betrachtung ins Gewicht. In den folgend aufgeführten Kostengruppen der DIN 276 werden die Bauteile gewählt, welche für die Nutzungskosten in der Reinigung relevant sind. In folgender Abbildung ist eine Rangfolge aufgeführt, in welcher die Einflussmöglichkeiten der Bauwerksplanung und -erstellung aus den Bau-

⁵⁹ DIN 276 (1993), S. 5–7.

⁶⁰ Naber (2002), S. 127.

teilen der Kostengruppe 300 (DIN 276), auf die Reinigungskosten in der Nutzungsphase dargestellt sind. Je grösser der Balken umso grösser die Einflussnahme.



Quelle: Naber (2002), S. 129

Abbildung 4: Einflussmöglichkeiten des Architekten aus den Baukonstruktionen auf die Höhe der Reinigungskosten

Der grösste Einfluss liegt im Bereich der Deckenbeläge⁶¹ (Kostengruppe 352; DIN 276). Der Einfluss der Aussentüren/-fenster (Kostengruppe 334; DIN 276) liegt an zweiter Stelle. Der Einfluss der Fenster lässt sich dadurch erklären, dass Fenster die sich öffnen lassen, entscheidend zum Schmutzanfall im Gebäude beitragen können, indem durch das unkontrollierte Öffnen des Benutzers, dem Gebäude ungereinigte Aussenluft zugeführt wird.⁶² Häufig wird hier auch der Schmutzeintrag durch die Gebäudezugänge (Aussentüren) unterschätzt, welcher sich mit einfachen Massnahmen wie Witterungsschutz (Vordach) und genügend langer und wirksamer Schmutzschleuse stark vermindern lässt. Mit solchen verhältnismässig kostengünstigen Massnahmen lässt sich die Werterhaltung der Bodenbeläge zu einem grossen Anteil sicherstellen. Die Abnutzung durch das Begehen schmutziger Böden kann so reduziert werden. (Steinchen und sonstige Schmutzpartikel beschädigen beim Begehen den Bodenbelag).⁶³

In nachstehender Tabelle sind die Einflussmöglichkeiten aus der Planung und Ausführung der Kostengruppe 300, „Bauwerk - Baukonstruktionen“ (DIN 276), auf die Betriebskosten aufgeführt:

⁶¹ Mit diesen Deckenbelägen (Beläge auf der Konstruktionseinheit Decke) sind die in der Reinigung bezeichneten Fussbodenbeläge gemeint.

⁶² Braun/Menkhoft/Sagebiel (1975), S. 17.

⁶³ Vgl. Interview vom 11.06.2007 mit Daniel, Berti.

Kosten- gruppe DIN 18960 (1999)	Betriebskosten- komponenten	Ausführungsvariante und Augenmerk bei Bauwerk - Baukonstruktionen (300; DIN 276) mit Auswirkungen auf die Betriebskosten
310	Ver- und Entsorgung	In diesen Betriebskosten liegen die Energiekosten (ca. 85% von Kostengruppe 310; vgl. 4.1)
312	Wärmever- sorgungsanlagen	Die Lage, Geometrie, Ausrichtung, Beschattung und Besonnung des Gebäudes haben Einfluss auf den Energiehaushalt.⁶⁴ Es ist in dieser Planungsphase darauf zu achten, dass das Gebäude mit grossen Fensterflächen nach Südwest und Südost ausgerichtet ist. Nach Norden müssen möglichst gute u-Werte erreicht werden (am einfachsten weniger oder kleine Fenster).⁶⁵ Grosse Fenster verbessern die Energieeffizienz preisgünstiger als kleine.⁶⁶ Es ist bei den geplanten Fenstern eine gute Beschattungsmöglichkeit vorzusehen. Damit kann die Kühllast im Sommer massgeblich reduziert werden. Sonnenenergie kann auch in Zwischenzonen (Atrien, Wintergärten, vorgehängten Glasfassaden etc.) als „Sonnenspeicher“ genutzt werden.⁶⁷ Je weniger Fassadenfläche und auch Dachfläche das Gebäude im Verhältnis zum Nutzvolumen aufweist, desto weniger Energie wird benötigt. Siegel/Wonneberg sprechen hier von Kompaktheit des Gebäudes. Je kompakter umso weniger Wärmebedarf.⁶⁸ Der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils u-Wert muss tief gehalten werden. Dies wird durch den Einsatz von leistungsfähigen Dämmmaterialien erreicht. Ein tiefer u-Wert wirkt sich positiv auf die Heizkosten aus.⁶⁹ Durch die Erhöhung der Dämmstärke kann auch eine Einsparung erzielt werden. Hier gilt es abzuwägen wie viel Nutzfläche dafür entfällt und was dies aus wirtschaftlicher Sicht bedeutet. Durch den Einsatz von Hochleistungswärmedämmsystemen können auch mit geringer Baustärke sehr gute Dämmwerte (tiefe u-Werte) erreicht werden, z.B. mit Vakuumisulations-Paneelen, kurz VIP. Solche Systeme sind heute eher noch etwas teuer dafür überzeugen sie durch ihre 5 bis 10-fach dünneren Dämmstoffdicken.⁷⁰

⁶⁴ Naber (2002), S. 125.

⁶⁵ Jochem/Jakob (2003), S. 16; Naber (2002), S. 130.

⁶⁶ Jochem/Jakob (2003), S. 16.

⁶⁷ SIA D 0137 (1996), S. 13.

⁶⁸ Siegel/Wonneberg (1977), S. 97.

⁶⁹ Sinnesbichler et al. (2006), S. 56.

⁷⁰ Ferle/Essl (2006), S.7.

Kosten- gruppe DIN 18960 (1999)	Betriebskosten- komponenten	Ausführungsvariante und Augenmerk bei Bauwerk - Baukonstruktionen (300; DIN 276) mit Auswirkungen auf die Betriebskosten
312	Wärmever- sorgungsanlagen	Bei der Verglasung ist nebst ihrem Anteil und der Ausrichtung des Gebäudes der u-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) massgebend für die Heizkosten. Es gilt hier Energiegewinnung durch Sonneneinstrahlung zu maximieren. ⁷¹ Die Energiebilanz kann mit einer 3-fach-Wärmeschutzverglasung gegenüber einer 2-fach-Verglasung erheblich zugunsten eines hohen Wärmeeintrags verbessert werden. ⁷² Der g-Wert bestimmt den Gesamtenergie-durchlassgrad und ist dort zu senken wo unerwünschter Wärme-eintrag (durch Sonneneinstrahlung) reduziert werden muss. Einfluss auf Kühlenergie. ⁷³
312 313 314 312	Wärmever- sorgungsanlagen Lufttechnische Anlagen Starkstromanlagen Wärmever-	Anwendung von MINERGIE-Standards, besser MINERGIE-P (Passivhaus) oder MINERGIE-ECO anwenden. „Nach einer Studie der Zürcher Kantonalbank ist ein MINERGIE-Gebäude nach 30 Jahren 9% mehr wert als ein konventionelles Haus.“⁷⁴ Die Investitionskosten von MINERGIE-Gebäuden sind ca. 3-10% höher als bei konventioneller Bauweise. Durch die tieferen Betriebskosten, sind die höheren Investitionskosten in der Regel in ca. 7 Jahren amortisiert.⁷⁵ Der Fassadentyp hat einen grossen Einfluss auf den Energiebedarf. Es ist zu prüfen ob eine Band-, Loch-, oder eine hochverglaste Fassade eingesetzt werden soll. Der Einfluss wirkt sich auf folgende Bereiche aus:⁷⁶ - Beleuchtung - Heizung - Kühlung Die Etagengrösse hat einen Einfluss auf den Wärme- bzw. Lüftungsbedarf. Bei zunehmender Etagengrösse nimmt die Effizienz zu. Der Grund liegt in der Kompaktheit (geringe Aussenflächen).⁷⁷ Mit einer Bauweise, bei welcher die verschiedenen Baumaterialien der Konstruktion (Decken, Wände, etc.) eine entsprechende Masse aufweisen, können diese Bauteile thermisch aktiviert werden. Dies bedeutet, dass die Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes erhöht wird. Dies reduziert im Winter den Wärmebedarf und

⁷¹ Naber (2002), S. 130.

⁷² Koradi (2006), S. 48.

⁷³ Sinnesbichler et al. (2006), S. 56, 58.

⁷⁴ MINERGIE (2005), S. 2.

⁷⁵ MINERGIE (2005), S. 2.

⁷⁶ Sinnesbichler et al. (2006), S. 53.

⁷⁷ Stoy (2005), S. 82.

Kosten- gruppe DIN 18960 (1999)	Betriebskosten- komponenten	Ausführungsvariante und Augenmerk bei Bauwerk - Baukonstruktionen (300; DIN 276) mit Auswirkungen auf die Betriebskosten
313 314	sorgungsanlagen Lufttechnische Anlagen Starkstromanlagen	im Sommer den Kältebedarf (Voraussetzung: Nachtauskühlung/Nachtlüftung möglich). ⁷⁸ Der Einsatz von TAB (Bauteilaktivierung der Betondecken) versorgt das Gebäude mit einer Wärme- bzw. Kühlgrundlast (Thermoaktive Bauteile mit entsprechender Masse). Masse speichert und kann mit einer Phasenverschiebung Tag/Nacht den Wärme-Kältehaushalt ausgleichen. Je nach Nutzerbedürfnissen ist diese Kühlung in Kombination mit generell massenreicheren aktivierbaren Bauteilen und einer Nachtauskühlung (erhöhte Nachtlüftung) ausreichend. ⁷⁹ (auch bei Kap. 400 Technische Anlagen)
314	Starkstromanlagen	Die Tageslichtnutzung ist zu maximieren (Senkung des Strombedarfs durch Beleuchtung). Vermeidung von tiefen Räumen. Fenster möglichst hoch anbringen und wenn möglich Oberlichter einsetzen. Innen- und Lichthöfe genügend gross und mit heller Farbgebung ausführen. Helle Farben verwenden, insbesondere an Decken. ⁸⁰
320	Reinigung und Pflege	Generell ist dafür zu sorgen, dass die Putzräume dezentral in den Geschossen angeordnet sind. Gegenüber einer zentralen Anordnung kann in der Unterhaltsreinigung aufgrund von Reduktion von Wegzeiten bis zu 20% Kosten eingespart werden. ⁸¹
321	Fassaden, Dächer	Bei der Ausführung der Fassade ist darauf zu achten, dass möglichst zusammenhängende, grosse Flächen mit wenigen Zäsuren und geringer Struktur ausgeführt werden. Je glatter eine Oberfläche desto tiefer sind die Reinigungskosten. Auf einer glatten Oberfläche ist der Schmutz jedoch besser erkennbar. Hier gilt es abzuwägen, inwiefern mit einer Strukturgebung der Schmutz weniger hervortritt. Bezüglich Farbgebung ist eine grosse, zusammenhängende, unifarbene, helle Fläche ungünstig. Besser sind eher dunklere, gemusterte Flächen. Glasflächen sind reinigungsintensiver als andere Materialien. Deshalb ist der Anteil an Glasflächen kostenrelevant. ⁸² Je geringer der Fassadenflächenanteil ist, desto geringer sind die Reinigungsaufwendungen. ⁸³ Es ist darauf zu achten, dass die Fassaden wirtschaftlich gereinigt werden können (Zugänglich-

⁷⁸ Richter (2006), S. 36.

⁷⁹ Vgl. Interview vom 11.05.2007 mit Werner, Achermann.

⁸⁰ SIA D 0137 (1996), S. 11.

⁸¹ Gugerli/Gilgen/Berti (1997), S. 23.

⁸² Stoy (2005), S. 86.

⁸³ Stoy (2007), S. 118.

Kosten- gruppe DIN 18960 (1999)	Betriebskosten- komponenten	Ausführungsvariante und Augenmerk bei Bauwerk - Baukonstruktionen (300; DIN 276) mit Auswirkungen auf die Betriebskosten
		keit, Reinigungskorb).
322	Fussböden	Insbesondere die Ausführung des Eingangsbereiches hat einen grossen Einfluss auf die Reinigungskosten und auch die Lebensdauer der Fussböden. Speziell kann hier mit der Ausbildung eines Vordaches (Witterungsschutz) und einer entsprechend grosszügigen Schmutzschleuse, der Eintrag von Schmutz und Nässe ins Gebäude verhindert werden.⁸⁴ Diesem Punkt wird in der Praxis viel zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Hier kann sehr viel für die Werterhaltung der Fussbodenbeläge gemacht werden. Das Verhindern des Eintrags von abrasiven Partikeln, durch deren Begehen die Lebensdauer der Bodenbeläge reduziert wird, ist neben dem geringeren Verschmutzungsgrad ein erwünschter ökonomisch interessanter Nebeneffekt dieser Massnahme. Im Eingangsbereich, in welchem im Winter mit Einbringen von Nässe gerechnet werden muss, sollte ein wasserunempfindlicher Bodenbelag gewählt werden (Bsp. kein geöltes Parkett).⁸⁵ Der Verkehrsflächenanteil ist massgebend für die Reinigungskosten des Vermieters, resp. der umlagefähigen und somit nebenkostenrelevanten Ausgaben.⁸⁶ Die Wahl des Bodenbelages hat grossen Einfluss auf die Reinigungskosten. Im Grundsatz kann gesagt werden, dass die Reinigungskosten von nichttextilen Bodenbelägen günstiger sind als die von textilen Bodenbelägen (vgl. Kap. 9.1).⁸⁷ Bezüglich Schmutzempfindlichkeit empfiehlt es sich gemusterte, dunkle, erdfarbene Töne einzusetzen (nicht grau). Helle unifarbene sind zu vermeiden. Ebenso verursachen hochflorige Velours oder offenporige und strukturierte Hartbeläge höhere Reinigungsaufwendungen.⁸⁸ Fenster die sich unkontrolliert durch den Benutzer öffnen lassen, können zu erhöhter Verschmutzung durch Eintritt ungereinigter Aussenluft führen.⁸⁹ Mit einer auf die Reinigungskosten fokussierten Architektur können bis zu 30% Reinigungskosten gegenüber einer ungünstigen Architektur eingespart werden. Folgende Aspekte helfen die

⁸⁴ Braun/Menkhoff/Sagebiel (1975), S. 18.

⁸⁵ Vgl. Interview vom 11.06.2007 mit Daniel, Berti.

⁸⁶ Stoy (2007), S. 118.

⁸⁷ FIGR (2004), S. 35; KBOB (2000), S. 2; Siegel/Wonneberg (1977), S. 92.

⁸⁸ Gugerli/Gilgen/Berti (1997), S. 23.

⁸⁹ Braun/Menkhoff/Sagebiel (1975), S. 17.

Kosten- gruppe DIN 18960 (1999)	Betriebskosten- komponenten	Ausführungsvariante und Augenmerk bei Bauwerk - Baukonstruktionen (300; DIN 276) mit Auswirkungen auf die Betriebskosten
322	Fussböden	Reinigungskosten tief zu halten: - keine unzugänglichen Ecken. - keine freistehenden Säulen und keine Nischen, bei welchen die Reinigung der Bodenflächen z.B. nicht maschinell ausgeführt werden kann (Arbeitsbreite Scheuersaugmaschine ist 80 cm). - keine Vor- und Rücksprünge (Wandversatz). - keine Niveauunterschiede in den einzelnen Geschossen. - eine gute Erschliessung. - gute Schmutzschleusen. ⁹⁰
323	Wände, Decken	Bei Glaswänden und Metallwänden müssen Griffspuren in der Unterhaltsreinigung entfernt werden. Wände mit Abrieb oder Kunststoffbeschichtung verursachen kaum Reinigungskosten. ⁹¹
327	Ausstattung, Einbauten	In den Nasszellen ist darauf zu achten, dass sämtliche Zwischenräume gut zugänglich sind und die Sanitärapparate an der Wand montiert sind (Bodenflächen bleiben frei). Auch bei der Möblierung ist darauf zu achten, dass alle Flächen mit genügend Durchgangsweg zugänglich sind. ⁹² Oberflächen aus geschliffenem Chromstahl sind sehr Reinigungsaufwändig und möglichst zu vermeiden.
330 350	Bedienung, Inspektion und Wartung der technischen Anlagen	Bezüglich des technischen Ausbaus können zum einen bei den Investitionskosten wie auch bei den Betriebskosten Einsparungen realisiert werden, indem jeweils nur der zum Zeitpunkt notwendige Technisierungsgrad in einem Gebäude installiert wird. Wir sprechen hier von einer Grundversorgung auf einem guten Niveau. Damit je nach konkreter Nutzung (diese kann ja auch ändern) einem Nutzerbedürfnis entsprochen werden kann, empfiehlt es sich, genügend dimensionierte Steigzonen und zusätzliche Räume (oder Möglichkeit einer späteren Abrennung am richtigen Ort) für den künftigen Technikausbau des Mieters vorzusehen. Die Grundversorgung mit Kälte könnte mit einem TAB-System (Bauteilaktivierung der Betondecken) ausgeführt werden. Allfälliger Zusatzbedarf an Kälteleistung kann problemlos nachgerüstet werden, ist aber nicht für jeden Mieter notwendig. ⁹³

Tabelle 7: Einflussfaktoren der Kostengruppe 300 „Bauwerk – Baukonstruktionen“ (DIN 276) auf die verschiedenen Betriebskostengruppen (DIN 18960, 1999)

⁹⁰ Gugerli/Gilgen/Berti (1997), S. 23.

⁹¹ Stoy (2005), S. 86.

⁹² Gugerli/Gilgen/Berti (1997), S. 23.

⁹³ Vgl. Interview vom 11.05.2007 mit Werner, Achermann.

6.3 Einflussfaktoren der Kostengruppe 400; Bauwerk - Technische Anlagen

Im Grundsatz kann die Aussage gemacht werden, dass je geringer der Technisierungsgrad eines Gebäudes ist, desto geringer sind die Nutzungskosten, die durch technische Anlagen verursacht werden (Bedienungs-, Ver- und Entsorgungskosten, Instandhaltungs- und Instandsetzungskosten).⁹⁴

In nachstehender Tabelle sind die Einflussmöglichkeiten aus der Planung und Ausführung der Kostengruppe 400, „Bauwerk - Technische Anlagen“ (DIN 276), auf die Betriebskosten aufgeführt:

Kosten- gruppe DIN 18960 (1999)	Betriebskosten- komponenten	Ausführungsvariante und Augenmerk bei Bauwerk - Technische Anlagen (400; DIN 276) mit Auswirkungen auf die Betriebskosten
310	Ver- und Entsorgung	In diesen Betriebskosten liegen die Energiekosten (ca. 85% von Kostengruppe 310; vgl. 4.1)
	Allgemein	Die Nutzungsart des Gebäudes hat den grössten Einfluss auf den Technisierungsgrad. Vorschriften im Brandschutz z.B. sind massgebend ob eine Sprinkleranlage notwendig ist. Ein Rechenzentrum hat ganz andere Bedürfnisse als ein normales Bürogebäude. ⁹⁵
311	Abwasser-, Wasser-, Gas- anlagen	Regenwassernutzung vorsehen. Zwei getrennte Leitungssysteme installieren für Trinkwasser und Brauchwasser (WC, Waschmaschinen, Reinigen, Garten). Das Brauchwassernetz wird mit Meteorwasser (Regenwasser) aus einem Sammel-tank gespeist. ⁹⁶ Warmwasser nur wo nötig installieren. Netz mit kleinen Leitungsquerschnitten optimal wärmedämmen.
312	Wärmever- sorgungsanlagen	Mit Sonnenkollektoren kann die Warmwasserversorgung sichergestellt und evt. je nach Bedürfnissen auch der Heizbedarf abgedeckt werden (Ausrichtung Südost Südwest, Neigung ca. 30-60 Grad). ⁹⁷ Die Wahl des Energieträgers zur Wärmeversorgung ist relevant für die Bestimmung der künftigen Energiepreise. Zum heutigen Zeitpunkt ist es nicht sehr ratsam auf fossile Energieträger zu setzen, da diese Preise tendenziell ansteigen werden. Auch die

⁹⁴ Stoy (2007), S. 119; GEFMA (2006), S. 2, Tab. 1; Naber (2002), S. 132.

⁹⁵ Naber (2201), S. 132; Stoy (2005), S. 83.

⁹⁶ SIA D 0137 (1996), S. 16.

⁹⁷ SIA D 0137 (1996), S. 13.

Kosten- gruppe DIN 18960 (1999)	Betriebskosten- komponenten	Ausführungsvariante und Augenmerk bei Bauwerk - Technische Anlagen (400; DIN 276) mit Auswirkungen auf die Betriebskosten
312	Wärmever- sorgungsanlagen	Thematik der CO₂-Abgaben und der Klimaerwärmung (Treibhausgasausstoss), werden mit grosser Wahrscheinlichkeit weitere staatliche Steuerungsmechanismen hervorrufen, welche fossile Energieträger in ihren Betriebskosten ökonomisch uninteressant werden lassen (vgl. Kap. 4.2.1). Alternative Energiesysteme wie Wärmepumpen sind zwar in den Erstellungskosten höher, unterliegen im Betrieb dafür nicht den Preisschwankungen des Mineralölmarktes. Wasser/Wasser Wärmepumpen sind mit Jahresarbeitszahlen (JAZ) bis um 5 die effizientesten Systeme⁹⁸ (JAZ gibt das Verhältnis der im Jahr abgegebenen Heizenergie zur aufgenommenen elektrischen Energie an).⁹⁹ Wärmepumpen mit JAZ < 3 sind unwirtschaftlich (andere Wärmequelle/Heizsystem wählen).¹⁰⁰ Holzfeuerungen einsetzen. Holz als Energieträger ist CO₂-neutral, da Holz ein nachwachsender Rohstoff ist. Der Heizkesselstandort, die Versorgungsstränge und Trassen sollen so gewählt werden, dass diese innerhalb der gedämmten Gebäudehülle angeordnet sind. Sollte dies nicht möglich sein, ist darauf zu achten, dass während der Abschaltzeiten (wenn das Gebäude z.B. am Wochenende nicht beheizt wird) die Stränge in den frostgefährdeten Bereichen separat betrieben werden können. Durch möglichst einfache und kurze Leitungswege, lassen sich die Wärmeverluste und so der Wärmebedarf reduzieren. „Hohe Verluste sind insbesondere dann vorhanden, wenn eine zentrale Trinkwassererwärmung mit langen Leitungswegen vorliegt.“¹⁰¹ Es empfiehlt sich eine Kombination einer zentralen Warmwasseraufbereitung bei Grossverbrauchern (Kantine, Duschen) und eine dezentrale Warmwasseraufbereitung z.B. bei Teeküchen vorzusehen.¹⁰² Erdsonden als Alternative zum Kühlen und Heizen einsetzen. Das Grand Hotel Dolder in Zürich wird nach der Wiederinbetriebnahme im Jahre 2007 über Erdsonden gekühlt und beheizt. Total 72 Sonden greifen 152 m ins Erdreich.¹⁰³ Je nach Auslegung der Geothermieanlage beziehen Wärmepumpen zwischen 60-80% ihrer abgegebenen Heizenergie kostenfrei aus der Er-

⁹⁸ Voss et al. (2005), S. 138.

⁹⁹ Richter (2006), S. 14.

¹⁰⁰ SIA D 137 (1996), S. 13.

¹⁰¹ Voss et al. (2005), S. 137.

¹⁰² Voss et al. (2005), S. 140.

¹⁰³ Vgl. Interview vom 10.05.2007 mit Heinz, Richter.

¹⁰⁴ Bracke et al. (2005), S. 81.

Kosten- gruppe DIN 18960 (1999)	Betriebskosten- komponenten	Ausführungsvariante und Augenmerk bei Bauwerk - Technische Anlagen (400; DIN 276) mit Auswirkungen auf die Betriebskosten
		de. ¹⁰⁴
312	Wärmever- sorgungsanlagen	Es sind Kühl- und Wärmeversorgungsanlagen zu konzipieren, die mit einem möglichst geringen Temperaturhub (Temperaturunterschied zwischen Energiequelle und Endverbraucher) arbeiten. Solche Anlagen haben einen höheren Wirkungsgrad (COP) und können, falls nicht schon so vorgesehen, später bei einem Wechsel auf erneuerbare Energieträger weiter verwendet werden. ¹⁰⁵
312 313 314	Wärmever- sorgungsanlagen Lufttechnische Anlagen Starkstrom- anlagen	Anwendung von MINERGIE-Standards, besser MINERGIE-P (Passivhaus) oder MINERGIE-ECO anwenden. Je mehr be- und entlüftete, wie auch klimatisierte Flächen bestehen, umso grösser ist der Wärmebedarf, da durch den zusätzlichen Luftaustausch weiteres Luftvolumen erwärmt werden muss. Auch der Strombedarf steigt durch den Betrieb der Lüftungs- und Klimaanlage. Bei Lüftungsanlagen ist für den winterlichen Betrieb eine Wärmerückgewinnung vorzusehen. Bei den Lüftungsanlagen benötigt die Befeuchtung den massgeblichen Anteil an Energie (Aufwärmen des Wassers). Die erste Frage stellt sich nach dem Bedarf und die zweite nach der Art der Befeuchtung. Luftwäscher basierte Befeuchtungssysteme benötigen viel mehr Energie als z.B. Systeme auf Verdunstungsprinzip (kein Wasserbad und keine Osmoseanlage nötig).¹⁰⁶ Einbau von Freecooling. Dies bedeutet, dass die Kühlung des Kaltwasserkreislaufes im Winter über ein Rückkühlwerk im Freien läuft, dadurch die geringen Aussentemperaturen nutzt und somit keine oder weniger Energie zur Kühlung aufgewendet wird.¹⁰⁷ Der Einsatz von TAB (Bauteilaktivierung der Betondecken) versorgt das Gebäude mit einer Wärme- bzw. Kühlgrundlast (Thermoaktive Bauteile mit entsprechender Masse). Masse speichert und kann mit einer Phasenverschiebung Tag/Nacht den Wärme-Kältehaushalt ausgleichen. Je nach Nutzer ist diese Kühlung in Kombination mit generell massenreichen aktivierbaren Bauteilen und einer Nachtauskühlung (erhöhte Nachtlüftung) ausreichend.¹⁰⁸ (auch bei Kap. 300 Baukonstruktionen)

¹⁰⁵ Vgl. Interview vom 10.05.2007 mit Heinz, Richter.

¹⁰⁶ Vgl. Interview vom 11.05.2007 mit Werner, Achermann.

¹⁰⁷ Voss et al. (2005), S. 144.

¹⁰⁸ Vgl. Interview vom 11.05.2007 mit Werner, Achermann.

Kosten- gruppe DIN 18960 (1999)	Betriebskosten- komponenten	Ausführungsvariante und Augenmerk bei Bauwerk - Technische Anlagen (400; DIN 276) mit Auswirkungen auf die Betriebskosten
312 313 314	Wärmever- sorgungsanlagen Lufttechnische Anlagen Starkstrom- anlagen	Natürliche Kälteerzeugung durch Brunnen- oder Grundwasserkühlung anstelle von Kältemaschinen.¹⁰⁹ Natürliche Ausnutzung von Erdkälte, indem im Sommer kalte Luft über im Erdreich verlegte Rohre angesaugt wird, bzw. Ausnutzung der Erdwärme im Winter, indem kalte Aussenluft im Erdwärmetauscher vorgewärmt wird.¹¹⁰ Im Bereich der Energieeinsparung sind noch unerkannte Potentiale auszuschöpfen. Der Forschungsschwerpunkt an der Professur Gebäudetechnik an der ETH Zürich ist die Exergieoptimierung¹¹¹ in Gebäuden mittels dezentralisierter Technik. Dies soll in folgenden Bereichen erfolgen:¹¹² - Frachtgesteuerte Abluftansaugung - Dezentrale Zuluftsysteme - Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser bei hohen Temperaturen - Dezentrale adiabate Luftbefeuchtung - Raumbeleuchtung mit LED (Leuchtdioden) - Subsidiäre Regelsysteme für dezentrale Gebäudetechnik - Intelligente Strominstallationen zur Senkung des Stromverbrauchs - Weiterentwicklung der Theorie zum Verständnis der Exergieflüsse komplexer Systeme
314	Starkstromanlagen	Solarzellen (Photovoltaik) zur Stromproduktion in die Gebäudehülle integrieren. Da die Aufzugsanlagen zu den grössten Stromverbrauchern in einem Bürogebäude gehören, sind deren Gesamtanzahl und die Anzahl Aufzugshaltpunkte relevant für den Stromverbrauch.¹¹³ Im Sinne einer energieeffizienten Planung sind aufgrund der notwendigen Transportkapazität die Anzahl der Aufzüge, die Grösse und die sinnvolle Aufzugsgeschwindigkeit festzulegen. Die Systemarchitektur des Aufzugs soll eine zentrische Aufhängung (weniger Zwängungs- und Reibungskräfte als bei Exzentrizität) und reibungsarme Führungselemente vorsehen. Getriebe "gearless". Die Liftkommandosteuerung soll Sammelbetrieb zulassen (muss den Bedürfnissen angepasst werden).

¹⁰⁹ Krimmling/Oelschlegel/Höschele (2005), S. 56.

¹¹⁰ Krimmling/Oelschlegel/Höschele (2005), S. 56.

¹¹¹ Exergie ist der Teil der thermischen Energie, der in Arbeit umgewandelt werden kann (der wertvolle Teil der thermischen Energie).

¹¹² Leibundgut (2007), S. 33.

¹¹³ Stoy (2005), S. 84.

Kosten- gruppe DIN 18960 (1999)	Betriebskosten- komponenten	Ausführungsvariante und Augenmerk bei Bauwerk - Technische Anlagen (400; DIN 276) mit Auswirkungen auf die Betriebskosten
314	Starkstromanlagen	Der Energieverbrauch im Stand-by Modus muss minimiert werden (58% des Stromverbrauchs).¹¹⁴ Einbau von Bewegungsmeldern für Raumbeleuchtung (So wird die nächtliche Abschaltung der Beleuchtung sichergestellt).
330 350	Bedienung, Inspektion und Wartung der technischen Anlagen	Den Grundsatz, „je weniger Technik im Gebäude, desto geringer die Bedienungs-, Inspektions- und Wartungsarbeiten (vgl. 6.3)“, möglichst umsetzen. Bezüglich des technischen Ausbaus können zum einen bei den Investitionskosten wie auch bei den Betriebskosten Einsparungen realisiert werden, indem jeweils nur der zum Zeitpunkt notwendige Technisierungsgrad in einem Gebäude installiert wird. Hierbei ist eine Grundversorgung auf einem guten Niveau zu verstehen. Je nach konkreter Nutzung (diese kann ja auch ändern) muss einem Nutzerbedürfnis entsprochen werden können. Es empfiehlt sich, genügend gross dimensionierte Steigzonen und zusätzliche Räume (oder Möglichkeit einer späteren Abtrennung am richtigen Ort) für den künftigen Technikausbau des Mieters vorzusehen. Die Grundversorgung mit Kälte könnte mit einem TAB-System (Bauteilaktivierung der Betondecken) ausgeführt werden. Allfälliger Zusatzbedarf an Kälteleistung kann problemlos nachgerüstet werden, ist aber nicht für jeden Mieter notwendig.¹¹⁵

Tabelle 8: Einflussfaktoren der Kostengruppe 400 „Bauwerk - Technische Anlagen“ (DIN 276) auf die verschiedenen Betriebskostengruppen (DIN 18960, 1999)

6.4 Einflussfaktoren der Kostengruppe 500; Aussenanlagen

Die Einflussfaktoren in dieser Baukostengruppe sind wesentlich geringer als in den beiden vorstehenden Bauwerksgruppen 300 und 400. Hier liegt das grösste Potential bezüglich Betriebskostensenkung im Verhindern des Schmutzeintrags ins Gebäude. Dies ist durch die Gestaltung der Gebäudezugänge und entsprechender Umgebungsgestaltung möglich. Die Umgebungsgestaltung hat grossen Einfluss auf die Unterhaltskosten, bezüglich Reinigung und Grünflächenunterhalt.

¹¹⁴ Nipkow (2005), S. 33, 37 und 38.

¹¹⁵ Vgl. Interview vom 11.05.2007 mit Werner, Achermann.

Kosten- gruppe DIN 18960 (1999)	Betriebskosten- komponenten	Ausführungsvariante und Augenmerk bei Aussenanlagen (500; DIN 276) mit Auswirkungen auf die Betriebskosten¹¹⁶
310	Ver- und Entsorgung	
311	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen	Je nach Bepflanzung der Umgebung ist im Sommer ein hoher Wasserbedarf notwendig. Wässerung der Aussenanlagen mit Meteorwasser vorsehen. ¹¹⁷
312	Wärmever- sorgungsanlagen Lufttechnische Anlagen	Mit entsprechender Bepflanzung der Aussenanlagen kann eine unerwünschte direkte Sonneneinstrahlung verhindert werden (Reduktion der Kühlenergie). Die Bepflanzung kann auch zur Reduktion der Schallemissionen eingesetzt werden (hat jedoch keinen Einfluss auf die Nutzungskosten nur auf die Baukosten).
311 314	Abwasser-, Wasser Starkstromanlagen	Technische Spielereien wie Wasserspiele, Teiche, Brunnen etc. sind kostenintensiv im Unterhalt (Verschlammung, Reinigung) und im Energiebedarf (Umwälzpumpen, Strom, Austausch von Wasser). ¹¹⁸ Nicht zu sprechen von den notwendigen Instandsetzungsmassnahmen. Wenn möglich darauf verzichten.
311 370	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen Abgaben und Beiträge	Meteorwasser grundsätzlich versickern lassen (häufig Vorschrift der Baubehörde). Möglichst wenig versiegelte Bodenflächen vorsehen. Mit diesen Massnahmen kann die Abwassermenge reduziert werden. Geländemulden können als natürliche, begrünte Retentionsbecken vorgesehen werden. ¹¹⁹ Je nach Gemeinde fallen, abhängig vom Versickerungsgrad, mehr oder weniger Abwassergebühren an. Versickerungsgräben oder Schächte vorsehen.
320	Reinigung und Pflege	
322	Fussböden	Die Oberflächen (offen oder geschlossen) von Zufahrten und Wegen, deren Bewitterung und deren Ausmass (Länge) haben einen Einfluss auf den Schmutzeintrag ins Gebäude und dadurch auf die Reinigungskosten. ¹²⁰ Empfehlung: Befestigte, geschlossene Oberflächen zu den Gebäuden. Falls Chaussierung nötig ist,

¹¹⁶ Teilweise gibt es Wiederholungen zum Kapitel 200 Herrichten und Erschliessen. Die Wiederholungen sind bewusst, da die Tabellen als Nachschlagewerk zum Zeitpunkt des Bedarfs (der jeweiligen Baukostengruppe) genutzt werden sollen.

¹¹⁷ Naber (2002), S. 135.

¹¹⁸ Gantenbein (2003), S. 96.

¹¹⁹ SIA D 0137 (1996), S. 17.

¹²⁰ Braun/Menkhoft/Sagebiel (1975), S. 18.

Kosten- gruppe DIN 18960 (1999)	Betriebskosten- komponenten	Ausführungsvariante und Augenmerk bei Aussenanlagen (500; DIN 276) mit Auswirkungen auf die Betriebskosten¹¹⁶
322	Fussböden	muss darauf geachtet werden, dass direkt vor dem Gebäudeein- gang eine befestigte Oberfläche erstellt wird. ¹²¹
328	Geländeflächen, befestigte Flächen	Die Beschaffenheit der Oberflächen (offen oder geschlossen) von Zufahrten und Wegen (Verkehrsflächen) haben einen Einfluss auf deren Reinigung und Unterhalt (Bsp. Kiesweg muss laufend nachgearbeitet werden; Zuführung von Kies und Säuberung der angrenzenden Fläche). Wegen dem Schmutzeintrag durch die Nutzer in die Gebäude müssen auf den Wegen trotzdem (obwohl Meteorwasser versickern soll) geschlossene Oberflächen vorgesehen werden. Diese sollen über die „Schulter“ (über den Wegrand) entwässert werden oder die Wege werden mit sickerfähigen Oberflächen ausgebildet (Bsp. Betonsickersteine). Nicht wie häufig empfohlen Pflasterungen mit Grünfugen vorsehen. In diesen Fugen gedeiht Unkraut. Dies erhöht den Unterhaltsaufwand. Die Reinigungs- und Unterhaltskosten auf unbegrüntem Flächen hängen selbstverständlich, wie jeder Ausbau, von der Nutzung ab. Hier ist ein besonderes Augenmerk auf die Nutzung zu werfen. Bei grossem zu erwartendem Schmutzanfall sind chaussierte Flächen (Kies) ungeeignet (Handreinigung). Befestigte Oberflächen ohne Absätze und Engnisse lassen sich maschinell sehr effizient reinigen. Die Reinigungs- und Unterhaltskosten von Grünflächen werden massgeblich durch die Art der Bepflanzung beeinflusst (Rasenschnitt, Laub, Früchte von Bäumen die Flecken verursachen; Achtung bei Parkplätzen, etc).
330 350	Bedienung, Inspektion und Wartung der technischen Anlagen	Die Bewässerung der Grünanlagen im Sommer soll möglichst mit einem verlegten Bewässerungssystem versehen werden (automatisiert über Schaltuhr gesteuert). Die Personalkosten zum täglichen Wässern während den Sommermonaten sind zu hoch.

**Tabelle 9: Einflussfaktoren der Kostengruppe 500 „Aussenanlagen“ (DIN 276)
auf die verschiedenen Betriebskostengruppen (DIN 18960, 1999)**

¹²¹ Vgl. Interview vom 11.06.2007 mit Daniel, Berti.

6.5 Messbarkeit der Einflussfaktoren und deren Auswirkungen in der Nutzungsphase

Einige, der in den vorstehenden Kapiteln 6.1 bis 6.4 aufgeführten Einflussfaktoren der Baukosten auf die Betriebskosten, sind nur schwer messbar. Bei diesen Einflussfaktoren ist es auch kaum möglich zwei Ausführungsvarianten, mit dem in Kap. 8.3 beschriebenen Modell, miteinander zu vergleichen und deren Lebenszykluskosten zu berechnen. Viele dieser schlecht messbaren Einflussfaktoren/Empfehlungen sind jedoch kostenneutral. Das heisst, dass durch die Wahl einer besagten Baukomponente oder Ausführungsart keine Mehrkosten entstehen (Bsp. Lage, Ausrichtung des Gebäudes, Beschattung/Besonnung, Fenster Süd/Nord oder dezentrale Lage der Putzräume im Gebäude, etc.). Bei anderen Empfehlungen ist die Betriebskosteneinsparung so deutlich, dass eine Berechnung absolut unnötig wäre (Bsp. Vorsehen einer Schmutzschleuse, Einsatz von wasserunempfindlichen Bodenbelägen im Eingangsbereich, effizientere maschinelle Reinigung der Böden, keine Vor- und Rücksprünge, keine Stützen im Korridor, keine unzugänglichen Ecken oder die freien Bodenflächen in Nasszellen, etc.).

Es werden aber auch besser fassbare Ausführungsarten aufgeführt, deren Einfluss auf die Betriebskosten gut messbar sind. Bei diesen Empfehlungen ist es möglich, mit dem in Kap. 8.3 beschriebenen Modell, die bezüglich Lebenszykluskosten wirtschaftlichere Ausführungsvariante rechnerisch zu belegen und die möglichen Einsparpotentiale aufzuzeigen (Bsp. zwei Wasserleitungssysteme für Brauch- und Trinkwasser, Warmwasserversorgung mit Sonnenkollektoren, Vergleich von verschiedenen Bodenbelägen, Vergleich verschiedener technischer Ausführungen, insbesondere auch alternativer Energieerzeugung, etc.).

7 Erstellungs- und Instandsetzungskosten

Bisher wurden die Zusammenhänge der Betriebskosten, den grössten Kostentreibern in den Nutzungskosten, zu den Erstellungskosten veranschaulicht. Damit jedoch die Zusammenhänge zu den Investitionskosten im Sinne einer ökonomischen Betrachtung und Handlungsanweisung aufgezeigt werden können, müssen weitere Teilbereiche der Bau-nutzungskosten betrachtet werden. Insbesondere sind dies die Instandsetzungskosten. Die Instandsetzungskosten werden im entwickelten Lebenszykluskostenmodell bezüglich deren Häufigkeit innerhalb des Lebenszyklus eines Gebäudes, deren zeitlichem Anfall (in welchem Altersjahr des Gebäudes) und deren Höhe berücksichtigt.

7.1 Trennung der Strukturen

Einer der grössten Einflüsse während der Planung und Erstellung von Gebäuden auf die Instandsetzungskosten und auch die Flexibilität bezüglich dem späteren Ersatz und Einsatz neuer Technologien, ist die Trennung der Strukturen. Es werden drei Strukturen unterschieden:¹²²

1. Primärstruktur: Tragstruktur, Gebäudehülle
Technische Lebensdauer 50 - 80 Jahre
2. Sekundärstruktur: Gebäudetechnik
Technische Lebensdauer 15 - 20 Jahre
3. Tertiärstruktur: Ausbau, z.B. Kücheneinrichtung, Bodenbeläge
Technische Lebensdauer 10 – 50 Jahre¹²³

Die technische Lebensdauer des Ausbaus ist sehr unterschiedlich. Hier gilt es auch darauf zu achten, dass innerhalb dieser Tertiärstruktur eine hohe Flexibilität und Unabhängigkeit im Austausch einzelner Ausbaukomponenten besteht, ohne andere Komponenten zu tangieren. Speziell gilt es zu bemerken, dass die technische Lebensdauer von Oberflächenmaterialien sehr von der Nutzung und den örtlichen klimatischen Verhältnissen abhängig ist.¹²⁴

Bei der Planung und Erstellung von Gebäuden muss darauf geachtet werden, dass Primär-, Sekundär- und Tertiärstruktur strikt voneinander getrennt werden. Ziel dieser Trennung ist, dass unabhängig voneinander Teile der einen Struktur ersetzt werden können, ohne in eine andere Struktur eingreifen zu müssen. Die Gebäudetechnik sollte z.B.

¹²² Richter (2006), S. 78.

¹²³ Herzog (2005), S. 39.

¹²⁴ Herzog (2005), S. 39.

ausgetauscht werden können, ohne die Primärstruktur zu tangieren. Während der Lebensdauer der Primärstruktur, welche meist mit der Lebensdauer des Gebäudes einhergeht, können so die Gebäudetechnik und auch Ausbaukomponenten der Tertiärstruktur, mehrmals mit entsprechend moderatem Aufwand ersetzt werden. Hier können jeweils immer die noch effizientere Technik (entsprechend dem aktuellen Stand) oder vermehrt erneuerbare Energieträger, unter Berücksichtigung der zu diesem Zeitpunkt ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen, zum Einsatz gebracht werden.

7.2 Lebensdauer

Die Lebensdauer eines Bauteils ist entscheidender Faktor bei der Analyse der Lebenszykluskosten. Je langlebiger eine Bauteilkomponente ist, desto geringer sind die Instandsetzungskosten. Ganz besonders müssen die Lebensdauern von Materialien fokussiert werden, die nicht unabhängig voneinander ersetzt werden können. Eine ungünstige Konstellation ist z.B., wenn die Lebensdauer der Dämmschicht kürzer ist, als die Lebensdauer der darüber liegenden Estrich- und Fliesenschicht. Solche Gegebenheiten sind in der Planung und Erstellung möglichst zu verhindern.¹²⁵

Es wird grundsätzlich zwischen einer technischen und einer wirtschaftlichen Lebensdauer unterschieden. „Als technische Lebensdauer wird die Zeit genommen, in der ein Bauteil unter Einbeziehung der notwendigen und üblichen Wartungs-, Pflege und Bauunterhaltungsmassnahmen seinen Funktionen und seinem bestimmungsgemässen Gebrauch voll genügen kann.“¹²⁶ Die wirtschaftliche Lebensdauer eines Bauteils unterliegt den wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Ansprüchen. Meist ist schlicht und einfach der Trend bestimmend, ob eine Oberfläche noch dem „Geschmack“ einer potentiellen Mieterschaft entspricht. Die wirtschaftliche Lebensdauer ist immer kürzer oder gleich der technischen Lebensdauer und kann diese nicht überdauern. Insbesondere bei Ladenbauten oder Restaurationsbetrieben ist die wirtschaftliche Lebensdauer generell kürzer.¹²⁷ In der Regel weicht bei Bauteilen aus der tertiären Gebäudestruktur (Küche, Wandfliesen, Bodenbeläge, Beleuchtung) diese wirtschaftliche Lebensdauer eher von der technischen Lebensdauer ab, so dass diese Bauteile früher ersetzt werden. Angaben zu den technischen Lebensdauern von Bauteilen gibt es in etlichen Quellen: Bsp. Schweizer Hauseigentümerverband,¹²⁸ oder SIA 480.¹²⁹

¹²⁵ Herzog (2005), S. 39.

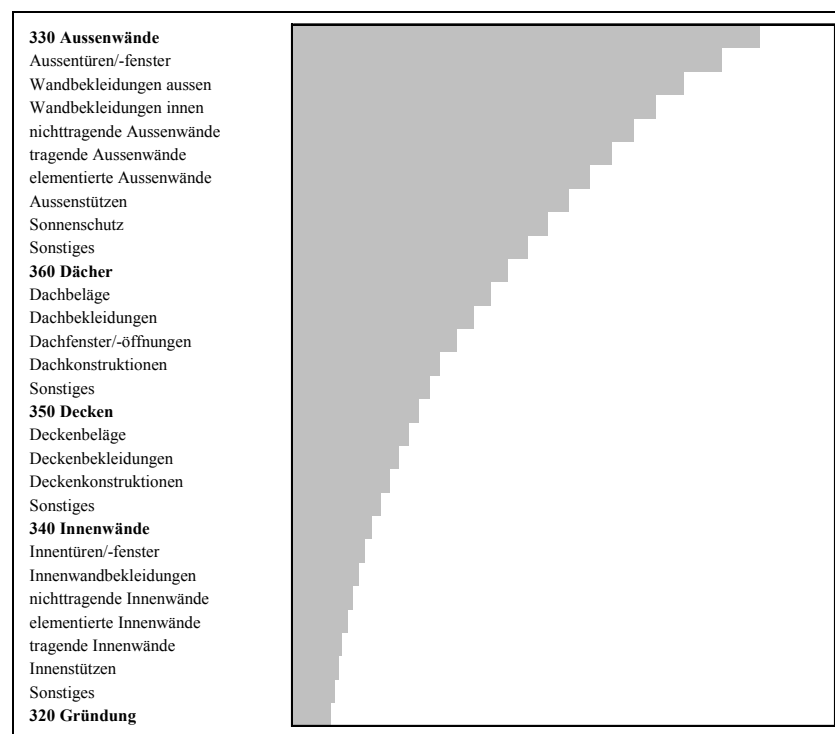
¹²⁶ Menkhoff (1979), S. 17

¹²⁷ Vgl. Interview vom 11.06.2007 mit Daniel, Berti.

¹²⁸ Hauseigentümerverband Schweiz (2007)

¹²⁹ SIA 480 (2004), Tabelle 1, S. 26.

Eine wichtige Erkenntnis ist, dass die effektive Lebensdauer von Bauteilen gegenüber diesen Tabellen in der Praxis meist weit überschritten wird. Am Beispiel von Heizungsanlagen kann dies einfach verifiziert werden. In der Tabelle des Schweizer Hauseigentümerverbandes ist ein Heizkessel mit einer Lebensdauer von 20 Jahren bezeichnet. Wirft man jedoch einen Blick in die Heizungszentralen bestehender Liegenschaften, so sind die vorgefundenen Produkte meist über 30-jährig.¹³⁰ Dies bedeutet, dass wenn mit den Lebensdauern der Tabellen die Lebenszykluskosten berechnet werden, die Kosten meist zu hoch ausfallen. Ausser der Baugrube (Kostengruppe 310 nach DIN 276 1993) haben sämtliche Entscheidungen in der Planungsphase der Kostengruppe 300 „Bauwerk-Baukonstruktionen“ nach DIN 276 einen Einfluss auf die Instandsetzungskosten (Kostengruppe 400 nach DIN 18960 1999). Die Qualität der gewählten Materialien und die Lebensdauer der eingesetzten Konstruktion haben massgeblichen Einfluss auf die Instandsetzungskosten.¹³¹ In folgender Abbildung ist die Rangfolge der Einflussnahme in der Planungsphase auf die in der Nutzungsphase anfallenden Instandsetzungskosten (Bauunterhaltungskosten) schematisch dargestellt.



Quelle: Naber (2002), S. 131

Abbildung 5: Einflussmöglichkeiten des Architekten aus den Baukonstruktionen auf die Höhe der Bauunterhaltungskosten

¹³⁰ Vgl. Interview vom 10.05.2007 mit Heinz, Richter.

¹³¹ Naber (2002), S. 130.

8 Modelle / Methodik

Damit die Lebenszykluskosten berechnet werden können, bedarf es geeigneter Modelle oder Methoden. Die vorhandenen Methoden wurden untersucht und einige Ansätze bei der Entwicklung eines Berechnungsmodells übernommen.

8.1 Vorhandene Methoden

Die GEFMA-Richtlinie 220-1, Lebenszykluskostenberechnung im FM, stellt eine gute Einführung in die Thematik dar. Es werden die gängigen Formeln und der Berechnungsprozess dargestellt.¹³² Grimscheid hat ein „Risikobasiertes probabilistisches LC-NPV-Modell“ entwickelt, mit welchem die Bewertung alternativer baulicher Lösungen möglich sei. Dieses Modell ist jedoch sehr wissenschaftlich und für einen Investor nicht sehr transparent.¹³³ Die SIA 480, Wirtschaftlichkeitsrechnung für Investitionen im Hochbau, gibt einige Hinweise bezüglich Vorgehensweise einer solchen Berechnung.¹³⁴ Einige Methoden vernachlässigen die Betriebskosten nach DIN 18960. So werden z.B. mit dem Berechnungstool „bauloop“ und der Softwarekomponente „baulocc“ von Kati Herzog (TU-Darmstadt) nur Herstellungs-, Instandsetzungs- und Abbruchkosten berücksichtigt. Im Rahmen der Arbeit von Herzog werden die Kosten für Wartung und Inspektion nicht in Ansatz gebracht.¹³⁵ Auch bei Menkhoff werden nur die Herstellungs- und Instandsetzungskosten berücksichtigt. Die Betriebskosten werden in seinen Überlegungen nicht berücksichtigt.¹³⁶ Weitere gängige EDV-Programme zur Berechnung von Lebenszykluskosten sind die Software „LEGEP“ (2004 von Holger König, LEGEP), die Software „OGIP“ (2004 von Sandro Heiz, Software GmbH), in welcher zusätzlich die Umwelteffekte monetarisiert werden und das Tool „BUBI“ (Gert Riegel, TU-Darmstadt). Auf eine ausführliche Auflistung der vorhandenen Methoden und Berechnungsverfahren wird an dieser Stelle verzichtet. Pelzeter stellt in ihrer Dissertation eine Auflistung der vorhandenen Methoden dar und geht detailliert auf die einzelnen Funktionalitäten ein.¹³⁷ Eine Grundsatzproblematik sämtlicher Methoden und Modelle sind die fehlenden Benchmarks in den Nutzungskosten.¹³⁸ Die den wissenschaftlichen Studien jeweils zu Grunde liegende Datenbasis ist meist nicht überaus breit abgestützt.

¹³² GEFMA (2006).

¹³³ Grimscheid (2006).

¹³⁴ SIA 480 (2004).

¹³⁵ Herzog (2005), S. 86 f, 98 f, 154.

¹³⁶ Menkhoff (1979), Bsp. S. 53.

¹³⁷ Pelzeter (2006), S. 188-214.

¹³⁸ Pelzeter (2006), S. 248; Naber (2002), S. 247.

Es ist schwierig, verlässliche, vergleichbare Nutzungskostendaten zu beschaffen. In diesem Bereich bleibt zu wünschen, dass sich die Immobilienbranche mit der Definition von Standards und der Erfassung von Nutzungskostendaten weiterentwickelt, um so die Qualität von Eingabeparametern und damit die Verlässlichkeit der errechneten Resultate zu steigern.

8.2 Anforderung an eine erfolgversprechende Methode

In einer 2004 durchgeführten Befragung von Hochschulabgängern der Immobilienakademie der European Business School (immoebis) wurde mit einem Rücklauf von 144 ausgewerteten Antwortbögen die Frage der Aktualität von Lebenszykluskosten in der Praxis untersucht. Der Bekanntheitsgrad des Begriffes Lebenszykluskosten ist mit 95% als hoch einzustufen. Über 50% der Antwortenden halten die Lebenszykluskosten für eine wichtige Grösse zur Entscheidungsfindung. Die in der Befragung angeführten Berechnungswerkzeuge waren jedoch nur bei weniger als 10 % der Teilnehmer bekannt. Lediglich 5% der Antwortenden wenden Berechnungsverfahren zur Ermittlung von Lebenszykluskosten an.¹³⁹ Als Konklusion dieser Befragung von Immobilienfachleuten kann festgehalten werden, dass die Lebenszykluskosten für ein wichtiges Entscheidungskriterium in der Immobilienwirtschaft gehalten werden. Es erstaunt daher, dass sie in der Praxis kaum berechnet werden. Dies kann nur bedeuten, dass der Bekanntheitsgrad solcher Methoden ungenügend (nur 10%), die verfügbare Datenbasis der Nutzungskosten für viele zu ungenau und die Komplexität in der Anwendung meist zu hoch ist.

Für die Praxistauglichkeit eines entwickelten Modells oder einer Berechnungsmethode sind folgende drei Grundanforderungen bedeutend:

1. Die Methode muss die relevanten Positionen der Lebenszykluskosten berücksichtigen. Aufgrund der Resultate müssen Investitionsentscheidungen getroffen werden können, welche sich in ihrer Umsetzung bewahrheiten.
2. Die Berechnungsmethode muss eine Transparenz aufweisen, welche die Resultate für den Investor nachvollziehbar, plausibel und verständlich aufzeigt.
3. Das Berechnungsverfahren muss einfach, verständlich und mit geringem Arbeitsaufwand durchgeführt werden können.

¹³⁹ Pelzeter (2006), S. 93f, 132-134, 213.

Die vierte Grundanforderung ist die genaue Ermittlung oder die Verfügbarkeit von Nutzungskostendaten. Diese Anforderung wird jedoch nicht an eine Berechnungsmethode gestellt, sondern stellt eine generelle Herausforderung für die Wissenschaft dar.

Der erste Punkt ist Grundvoraussetzung, damit mit einem solchen Modell die richtigen Massnahmen getroffen werden können und nicht am Lebenszyklus vorbei entschieden wird. Der zweite Punkt ist ebenso wichtig, soll das Modell nicht für die Bibliotheken und den Aktenschrank produziert werden. Mehrinvestitionen bei der Gebäudeerstellung, welche Einsparungen in der Nutzungsphase bewirken, sind Vorinvestitionen. Ein zu wissenschaftlicher Ansatz, der vom Investor nicht nachvollzogen werden kann, wird in der Praxis nicht umgesetzt. Damit ein Investor solche Vorinvestitionen tätigt, muss er voll und ganz von der Wirtschaftlichkeit seines Entscheides überzeugt sein. Der dritte Punkt, die einfache Handhabung, ist möglicherweise der Entscheidende, weshalb Berechnungsmethoden in der Praxis kaum angewendet werden. In der in Kap. 8.3 dieser Arbeit entwickelten Methode wurde bewusst auf diesen Aspekt geachtet. Gewisse Modelle (Herzog, Tool „bauloop“, „baulocc“ und Menkhoff) vernachlässigen die Betriebskosten. Bei diesen Modellen ist die Grundanforderung Nr. 1 nicht gegeben. Auf der Basis der Resultate dieser Modelle können keine Entscheidungen bezüglich Lebenszykluskosten gefällt werden. Die Relevanz der Vollständigkeit von Lebenszykluskosten wird anhand eines Beispiels unter Kap. 9.1.2 aufgezeigt.

8.3 Modell zur Berechnung der Lebenszykluskosten

Kernstück dieser Arbeit ist es, ein Modell zu entwickeln, das nachvollziehbar und transparent die Lebenszykluskosten von alternativen Bauteilen aufzeigt und die erzielten Resultate und daraus gezogenen Schlüsse plausibel und glaubhaft darstellt. Damit dies gelingt, muss das Modell die Sprache der Zielgruppe, namentlich des Investors sprechen. Basis des Modells ist die Discounted Cash Flow - Methode, kurz DCF (Kapitalwert). Das Modell ist in Form einer Excel-Programmierung aufbereitet und kann als Analyse-Tool verwendet werden. Es soll den Entscheid für eine wirtschaftlich vorteilhaftere Projektvariante ermöglichen.

8.3.1 Ziele und Nutzen des Modells

Grundlage des Modells ist die Gegenüberstellung zweier Projektvarianten (unterschiedliche Systeme oder Ausführungsvarianten) einer Baukomponente der Gebäudeerstellung bezüglich deren Lebenszykluskosten. Das Modell zeigt auf, welche der beiden Varianten die vorteilhaftere ist und wie gross die Minder- oder Mehrkosten pro m² oder anderer gewählter Einheit sind. Dafür müssen sämtliche Kostenfaktoren der einzelnen

Varianten, während des gesamten Lebenszyklus betrachtet werden. Diese Kosten fallen typischerweise zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Lebenszyklus der Immobilie an. Damit dieser Kostenvergleich gelingt, werden wie bei der Bewertung von Immobilien, sämtliche Kosten auf den Zeitpunkt (t_0) der Investition abdiskontiert. Die Kapitalwertmethode stellt in der wissenschaftlichen Literatur das am stärksten akzeptierte Verfahren der dynamischen Investitionsrechnung dar.¹⁴⁰ Deshalb und da es ein von Seiten der Entscheidungsträger (Investoren) anerkanntes und bestens bekanntes Berechnungsverfahren ist, wird es auch in diesem Modell angewendet.

Beim Vergleich von Projektvarianten die den gleichen finanziellen oder materiellen Nutzen erzeugen (z.B. gleich hohe Mieterträge möglich), werden nur die Ausgaben verglichen und die kostengünstigere Variante identifiziert. Bei Varianten, die einen unterschiedlichen Nutzen generieren (z.B. eine Variante lässt höhere Mieterträge zu), müssen, im Sinne einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, neben den Ausgaben auch die Einnahmen bewertet werden.¹⁴¹ Unter Berücksichtigung der Kosteneinsparungen und der ebenso abdiskontierten künftigen Mehrerträge, wird der Finanzerfolg oder -verlust pro Projektvariante ausgewiesen. Im Modell ist dies z.B. beim Vergleich von Bodenbelägen der Fall. Bei einer Mietfläche mit einem Granitbodenbelag besteht eine andere Wertigkeit als bei einer Fläche mit Teppichbodenbelag. Dadurch lässt sich ein höherer Mietertrag erzielen. Dieser Mehrertrag fließt in die Bewertung ein (vgl. Kap. 9.1.1).

Wie bei der klassischen DCF-Methode werden die Kosten jedes Jahres auf den Zeitpunkt t_0 abgezinst. Der Residualwert der jeweiligen Bauteilkomponente wird im Modell nicht bewertet, da bei diesen Betrachtungen nach 50, 80 oder 100 Jahren der Lebenszyklus zu Ende geht und die entsprechende Bauteilkomponente keinen Restwert mehr verkörpert. Sie kann in der Regel nur noch abgebrochen und entsorgt werden. Diese Abbruchkosten werden aufgrund ihrer Bedeutungslosigkeit (vgl. 8.3.2) nicht berücksichtigt.

8.3.2 Kostengruppen

Wie in Kap. 2.2 beschrieben gliedern sich die Lebenszykluskosten in mehrere Phasen. Diejenigen Kostenpositionen, die bei beiden Vergleichsvarianten identisch sind, müssen hier nicht berücksichtigt werden, da sich ein Vergleich erübrigt.

¹⁴⁰ Pelzeter (2006), S. 124; Herzog (2005), S. 65.

¹⁴¹ SIA 480 (2004), S. 11.

Solche Positionen sind die Planungs- und Entwicklungskosten, die Verwaltungskosten und die Abbruchkosten (am Ende der Lebensdauer). Die Abbruchkosten müssen auch bei unterschiedlicher Höhe der beiden Varianten nicht berücksichtigt werden, da aufgrund ihres zeitlich späten Anfalls, der abdiskontierte Betrag sehr klein ist.¹⁴² Allfällige Unterschiede in den Abbruchkosten sind daher verschwindend gering. Zudem kennen wir die Abbruch- und Entsorgungsmethoden in 50 bis 100 Jahren noch nicht, sodass hier nur mit einer wahrscheinlichen Annahme kalkuliert werden könnte. In den Berechnungen berücksichtigt werden die Erstellungskosten, die Instandsetzungskosten (inkl. Ausbau und Entsorgung bei Austausch) und die Betriebskosten. Bei den Betriebskosten werden wiederum nur die sich unterscheidenden Anteile der beiden Varianten berücksichtigt.

8.3.3 Berechnungsformel

Folgende Formel wird für die Berechnung des „Present Value“ (Kapitalwert zum Zeitpunkt der Investition t_0) im Modell verwendet:¹⁴³

$$PV = \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_1(1+g)^1}{(1+r)^2} + \frac{CF_1(1+g)^2}{(1+r)^3} + \frac{CF_1(1+g)^3}{(1+r)^4} + \dots + \frac{CF_1(1+g)^{n-1}}{(1+r)^n}$$

PV = Present Value (Wert zum Zeitpunkt t_0)

CF_1 = Cash Flow für Jahr 1 (im Modell als Kosten)

r = Diskontsatz (absolut; Bsp. 5% $\rightarrow$ 0.05)

g = Wachstumsrate (absolut, gleich bleibend; im Modell die realen, über den LIK hinausgehenden Preissteigerungen)

n = Anzahl Jahre des Betrachtungszeitraumes (im Modell 50, 80 oder 100 Jahre)

Die Formel wurde von der klassischen Discounted Cash Flow - Methode (DCF) abgeleitet. Diese lautet wie folgt:¹⁴⁴

$$PV = \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \frac{CF_3}{(1+r)^3} + \frac{CF_4}{(1+r)^4} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r)^n}$$

Bei dieser Formel wird für jedes Jahr der jeweilige Netto-Cashflow (CF_1 bis CF_n) abgeschätzt und auf den heutigen Zeitpunkt abdiskontiert.

¹⁴² Herzog (2005), S. 212.

¹⁴³ Geltner/Miller (2001), S. 165; Ritz (2006), S.10.

¹⁴⁴ Geltner/Miller (2001), S. 161; Ritz (2006), S. 9.

8.3.4 Umgang mit Preissteigerungen

In einer klassischen DCF-Berechnung, bei welcher die Betriebskosten wie auch die Instandsetzungskosten auf der heutigen Basis eingesetzt werden, wird z.B. bei den Betriebskosten für jedes Jahr ein gleich bleibender Betrag angenommen. Dieser wird mit der gleich bleibenden nominalen Wachstumsrate „g“ (Inflation) multipliziert ($CF_1 \cdot (1+g)^{n-1}$, vgl. erste Formel). Würde diese Korrektur der Inflation nicht berücksichtigt, würden sich, bei einer DCF bei welcher die Differenz zwischen Erträgen und Kosten den Netto-Cashflow ergibt, die inflationsbedingten Preis- und Kostensteigerungen bis auf den Betrag des Netto-Cashflows ausgleichen (da die Mieterträge von Geschäftsliegenschaften an den Landesindex der Konsumentenpreise gebunden werden). Bei einem reinen Kostenvergleich, wie dies in der Anwendung des aufgezeigten Modells meist der Fall ist, stellt sich die Frage ob die Inflation berücksichtigt werden soll. Die Kaufkraft verändert sich bekanntlich mit der Inflation. Dies bedeutet, dass die in der Zukunft entstehenden, der Inflation unterworfenen Kosten auch mit entsprechend der Inflation unterworfenen Erträgen finanziert werden können. Die Berücksichtigung der Inflation bei einer Betrachtung der reinen Kostenseite, würde die in der Zukunft anfallenden Kostenfaktoren (Instandsetzungen und Betriebskosten) abdiskontiert auf t_0 im Verhältnis immer höher gewichten als die Erstellungskosten. Aus diesem Grund wird die allgemeine Inflation im Modell nicht berücksichtigt. Die Preissteigerungen, die über die Entwicklung des Landesindex der Konsumentenpreise hinausgehen, werden im Modell jedoch berücksichtigt.

8.3.5 Unterschiedliche Entwicklung der Preissteigerungen

Da sich die Baukosten (Schweizerischer Baupreisindex) und die generelle Inflation (Landesindex der Konsumentenpreise; LIK) nicht im gleichen Ausmass entwickeln, empfiehlt es sich, bei der im Modell angewandten reinen Kostenbetrachtung, die Differenz dieser beiden Preissteigerungen zu berücksichtigen. Im Modell betrifft dies nur die Instandsetzungskosten. Mit der Anwendung dieses, um die Inflation des LIK bereinigten realen Teuerungszinssatzes, wird die für die Zukunft angenommene reale Verteuerung der Baupreise berücksichtigt. Die Abschätzung einer künftigen realen Baupreissteigerung ist selbstverständlich von vielen wirtschaftlichen und politischen Faktoren abhängig und müsste aufgrund von Annahmen zukünftiger Marktverhältnisse abgeschätzt werden. Die künftigen Einfüsse der aufstrebenden asiatischen Märkte und deren bereits schon feststellbare Absorption gewisser Baumaterialien, lassen keine nachhaltige Baupreisveränderung prognostizieren. Damit eine diesbezügliche Annahme für eine im Modell einzufügende Preissteigerung zwischen LIK und Baupreise getroffen werden kann, wird der bisherige Verlauf der Preissteigerungen der beiden Indizes während der

letzten 8 Jahre betrachtet. Der Schweizerische Baupreisindex wurde im Oktober 1998 erstmals publiziert und auf Indexstand 100 gesetzt. Im letzten veröffentlichten Baupreisindex für die Kategorie „Neubau von Bürogebäuden“ ist der Stand vom Oktober 2006 bei 117.6 Punkten.¹⁴⁵ Damit dieser Baupreisindex mit dem Landesindex der Konsumentenpreise verglichen werden kann, muss der Landesindex von der Basis Mai 1993=100 (Stand Oktober 1998 bei 104,0134)¹⁴⁶ auf einen fiktiven Landesindex der Konsumentenpreise Basis Oktober 1998=100 umgerechnet werden. Relevant ist der auf dieser Basis errechnete Indexstand für Oktober 2006.

Dies wird mit folgender Formel gemacht:

$$\begin{array}{c}
 \text{LIK} \quad \text{Stand Okt. 2006} \\
 \text{Basis Okt. 1998}
 \end{array}
 = \frac{
 \begin{array}{c}
 \text{LIK} \quad \text{Stand Okt. 2006} \\
 \text{Basis Mai 1993}
 \end{array}
 \times 100
 }{
 \begin{array}{c}
 \text{LIK} \quad \text{Stand Okt. 1998} \\
 \text{Basis Mai 1993}
 \end{array}
 }
 = 108.04$$

Nachstehend sind die beiden Indizesverläufe von 1998 bis 2006 dargestellt.¹⁴⁷

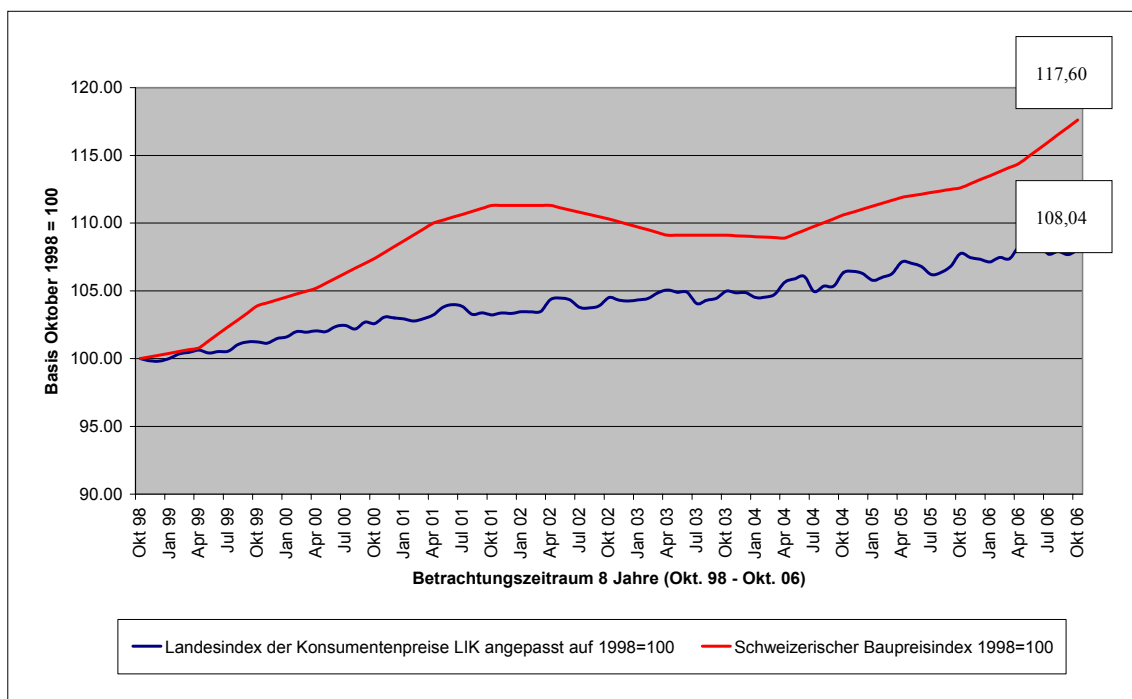


Abbildung 6: Vergleich Landesindex der Konsumentenpreise mit Schweizerischem Baupreisindex

¹⁴⁵ Bundesamt für Statistik BFS (2006), Schweizerischer Baupreisindex, S. 8.

¹⁴⁶ Bundesamt für Statistik BFS (2007), Landesindex der Konsumentenpreise.

¹⁴⁷ Bundesamt für Statistik BFS (2007), Schweizerischer Baupreisindex, Entwicklung der Baupreise; Bundesamt für Statistik BFS (2007), Schweizerischer Landesindex der Konsumentenpreise.

Die Differenz der nun auf der gleichen Basis dargelegten Kostensteigerung innerhalb der 8 Jahre beträgt im Oktober 2006 9.56% (117.60 – 108.04). Dies bedeutet, dass sich die Baupreise in den letzten 8 Jahren, von Oktober 1998 bis Oktober 2006, um 9,56% mehr erhöht haben als die allgemeine Inflation des Landesindex der Konsumentenpreise (dieser wurde in den 8 Jahren um 8.04% erhöht, die Baupreise um 17.60%). Im Modell wird die Annahme getroffen, dass für die Zukunft mit ähnlichen Kostensteigerungen der Baupreise zu rechnen ist. Aus dieser Kostensteigerung von 9,56% über 8 Jahre wird die für das Modell relevante jährliche Teuerungsrate für bauliche Instandsetzungen errechnet.

Folgende Formel (Zinseszins-Rechnung) wird für die Berechnung des Zinssatzes angewendet.¹⁴⁸

$$q = \sqrt[n]{\frac{k_n}{k_0}} = \sqrt[8]{\frac{109.56}{100}} = \sqrt[8]{1.0956} = 1.011478$$

$$p = q - 1 = 1.011478 - 1 = \underline{1.1478\%}$$

p = Zinsfuss (z.B. 0,06 bei 6%) k₀ = Anfangs-Kapital n = Anzahl der Jahre
q = 1+p k_n = Kapital nach n Jahren

Bei Anwendung dieser Teuerungsrate im Modell, wird die angenommene, über die normale Inflation hinausreichende Kostensteigerung der Baupreise berücksichtigt. Diese Preissteigerung soll bei den Instandsetzungsmassnahmen berücksichtigt werden.

Bei den Betriebskosten findet dieser Teuerungszinssatz keine Anwendung, da sich die Betriebskosten nicht aus Baukosten sondern meist aus Lohn- oder Energiekosten zusammensetzen. Bei den Lohnkosten sollte die über der Inflation des Landesindex der Konsumentenpreise liegende Realloohnerhöhung berücksichtigt werden. Hierzu kann der Reallohnindex beigezogen werden. Der für Immobiliendienstleistungen zutreffendste, vom Bundesamt für Statistik veröffentlichte Wirtschaftszweig (nach Reallohnindex 1993=100) ist die Kategorie „Erbringungen von Dienstleistungen für Unternehmen“ (J-K 70-74). Der Stand des Reallohnindex im 2006 liegt in diesem Wirtschaftszweig bei 105.8 Punkten.¹⁴⁹ Dies bedeutet, dass die Löhne in diesem Sektor seit 1993 (=100) um 5.8% über der Kostensteigerung des Landesindex der Konsumentenpreise erhöht wurden. Zur Veranschaulichung der Lohnkostensteigerung wird in Abbildung 7 der Index-

¹⁴⁸ Gieck (1984), Kap. D, S. 23

¹⁴⁹ Bundesamt für Statistik BSF (2007), Schweizerischer Lohnindex.

verlauf des Landesindex der Konsumentenpreise dem Nominallohnindex gegenübergestellt. Generell weisen Gebäudedienstleistungen in ihrer Kostenstruktur sehr hohe Lohnkostenanteile auf. Da die Arbeitslöhne wie in nachstehender Abbildung ersichtlich, tendenziell stärker steigen als die allgemeine Preissteigerung, werden die Preise für diese Dienstleistungen in Zukunft gegenüber der generellen Teuerungsrate eher ansteigen. Naber weist hier insbesondere auf die Preissteigerungen in der Gebäudereinigung hin.¹⁵⁰

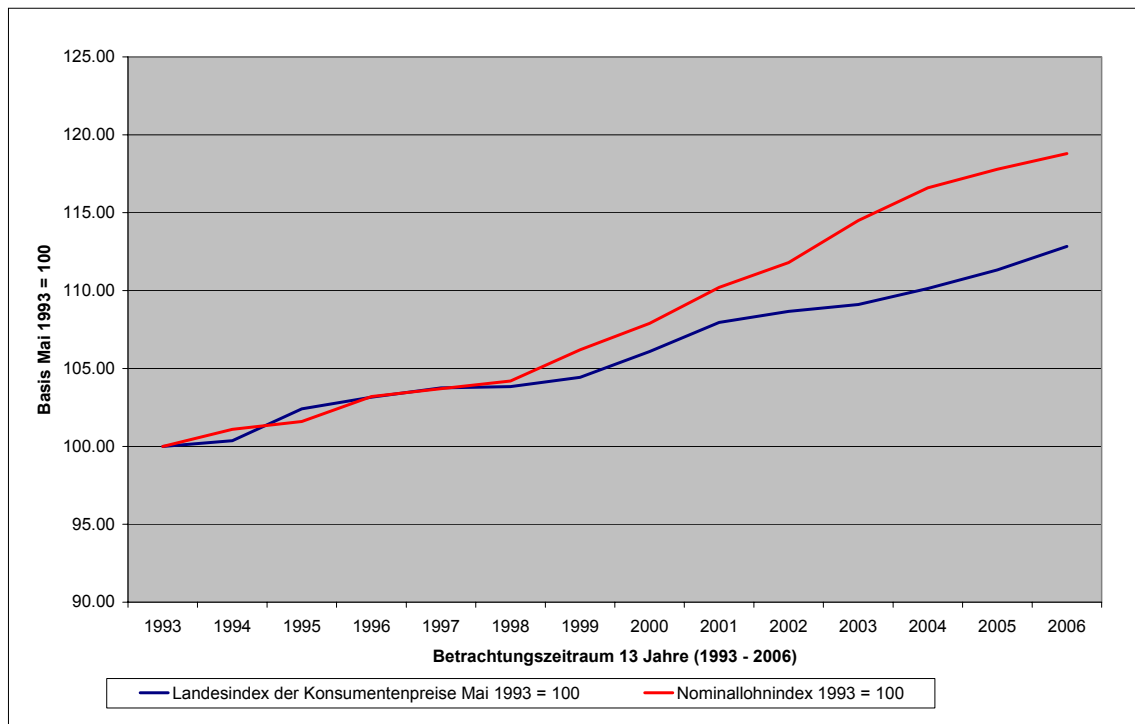


Abbildung 7: Vergleich Landesindex der Konsumentenpreise mit Nominallohnindex

¹⁵⁰ Naber (2002), S. 145.

In Abbildung 8 wird der Verlauf des für die Prognose der Lohnkostensteigerungen angewendeten Reallohnindex dargestellt, welcher die effektive, reale, um den Landesindex bereinigte Lohnkostensteigerung darstellt.

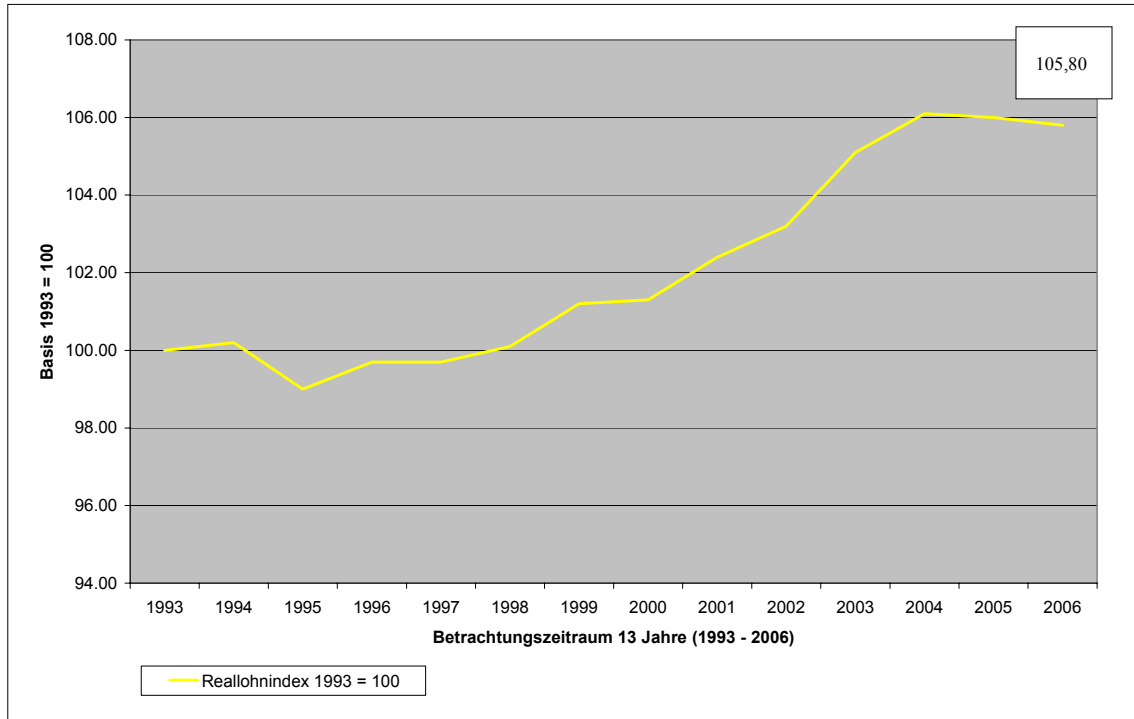


Abbildung 8: Verlauf des Reallohnindex

Wie bei den Baupreissteigerungen wird davon ausgegangen, dass in Zukunft mit gleichen, über den LIK hinausgehenden, Reallohnerhöhungen gerechnet werden muss. Aus der Kostensteigerung von 5.8% über 13 Jahre (1993–2006) wird die für das Modell relevante jährliche Teuerungsrate für Betriebskosten errechnet. Folgende Formel (Zinseszins-Rechnung) wird für die Berechnung des Zinssatzes analog der Berechnung der jährlichen Baupreiserhöhung angewendet:

$$q = \sqrt[n]{\frac{k_n}{k_0}} = \sqrt[8]{\frac{105.8}{100}} = \sqrt[8]{1.058} = 1.004346$$

$$p = q - 1 = 1.004346 - 1 = \underline{0.4346\%}$$

Es empfiehlt sich bei den Betriebskosten, welche sich zum grössten Anteil aus Lohnkosten zusammensetzen, den dargestellten Teuerungssatz zur Ausgleichsberechnung der über den Landesindex der Konsumentenpreise hinausgehenden Teuerung der Lohnkosten anzuwenden. Die reale Steigerung der Lohnkosten wird sich, insbesondere in der

Gebäudereinigung, in Zukunft tendenziell eher noch höher auswirken. Dies bedingt durch die Verknappung an Arbeitskräften in diesem Sektor. Aufgrund des gesellschaftlich niedrigen Status von Reinigungspersonal, ist die Attraktivität der Reinigungsbranche sehr gering. Potentielle Arbeitnehmer arbeiten für einen gleich hohen Stundenlohn eher in der Gastronomie oder im Verkauf. Da es sich bei der Unterhaltsreinigung um eine täglich zu erbringende Dienstleistung handelt, muss sie mit lokalen Arbeitnehmern ausgeführt werden, da die Anfahrtszeit in einem akzeptablen Verhältnis zur täglichen Arbeitszeit von 2 bis 4 Stunden liegen muss (kann daher nicht mit einem Projekteinsatz günstiger Arbeitnehmer aus Osteuropa erledigt werden).¹⁵¹

Die Energiekosten sind im Landesindex der Konsumentenpreise (LIK) unter der Rubrik „Wohnen und Energie“ enthalten und je nach Jahr mit ca. 25% gewichtet. Bereits im Jahr 2000 waren die Preissteigerungen bei den Mineralölprodukten für mehr als die Hälfte der Jahresteuern des LIK verantwortlich.¹⁵² In den Jahren 2004 bis 2006 lag der Anteil der Jahresteuern am LIK zwischen einem und zwei Dritteln.¹⁵³

In der vom Bundesamt für Energie veröffentlichten Schweizerischen Gesamtenergiestatistik 2005 ist ersichtlich, dass mit Ausnahme des Heizöls und des Benzins die Energiepreise mit kleinen Ausreissern seit 1960 gegenüber dem Landesindex der Konsumentenpreise tendenziell gesunken sind.¹⁵⁴ Ob sich der starke Preisanstieg der Mineralölprodukte seit 2005 fortsetzt ist schwer zu beurteilen. Beim Energieträger Öl ist mit grosser Wahrscheinlichkeit, aufgrund der Ressourcenknappheit, künftig mit höheren Teuerungsraten zu rechnen als bei anderen Energieträgern. Da jedoch die anderen Energieträger die Mineralölenergien substituieren, darf davon ausgegangen werden, dass diese Preise ebenfalls steigen werden. Aufgrund der generellen globalen Energieresourcenverknappung und der in Zukunft zu erwartenden staatlichen Steuerungsmechanismen (Bsp. CO₂-Abgabe bedeutet CHF 9.--/100 Liter Heizöl; >10% Preiserhöhung),¹⁵⁵ zur Förderung von schonendem Umgang mit Energieressourcen, ist mit Preissteigerungen zu rechnen, die über den Landesindex der Konsumentenpreise hinausgehen. Eine Prognose, wie sie bei den Bau- und Lohnkosten abgegeben wird, kann bei den Energiepreisen nicht gemacht werden. Zu gross sind die Abhängigkeiten zur Weltpolitik und zu sensitiv die Preisausschläge. Die Abschätzung der Teuerungsraten im Bereich Energie muss jeweils vom Anwender des Modells getroffen werden.

¹⁵¹ Vgl. Interview vom 11.06.2007 mit Daniel, Berti.

¹⁵² Bundesamt für Statistik BFS (2007), Panorama, S. 2.

¹⁵³ Bundesamt für Statistik BFS (2007), Panorama, S. 5.

¹⁵⁴ Bundesamt für Energie BFE (2006), S. 44f.

¹⁵⁵ Koradi, Rudolf (2006), S. 25.

Im Modell können auch Mehrerträge, die bei der einen Projektvariante gegenüber der anderen generiert werden, aufgerechnet werden. Da diese Mehrerträge bei Geschäftsimmobilien aus den höher erzielbaren Mieterträgen bestehen und diese sich bezüglich Preisanpassung an den Landesindex der Konsumentenpreise halten, ist für diese Mehrerträge keine Teuerungsrate einzurechnen, da im Modell nur die über den LIK hinausgehenden realen Preiserhöhungen berücksichtigt werden müssen (vgl. Kap. 9.1.1).

Das Thema Inflation und Teuerungsrate wird bewusst sehr fundiert untersucht, da die Erhöhung der Teuerungsrate im Modell eine grosse Auswirkung auf die Resultate hat. Sie ist in der Länge des Betrachtungszeitraumes von 50 und mehr Jahren begründet. In der Sensitivitätsanalyse im Anhang 6 „hohe Energiepreissteigerung bei Energieträger Fernwärme von 3.0%“ ist dies ersichtlich.

8.3.6 Anwendung des Modells

Das entwickelte Modell ist in Form eines Excel-Tools konzipiert. Im Anhang 1-9 ist das Tool abgebildet. Die Eingabefelder sind gelb markiert. Es sind dies als erstes die im Tool als Bauteil 1 und Bauteil 2 genannten Projektvarianten. Hierbei muss bestimmt werden, ob es sich um zwei Bauvorhaben handelt, die miteinander bezüglich ihrer gesamten Lebenszykluskosten verglichen werden sollen, oder ob es z.B. um einen Vergleich der Lebenszykluskosten pro m^2 geht. Dementsprechend werden die Kosten in CHF/ m^2 oder als absolute Baukosten eingegeben. Die folgend aufgeführten, notwendigen Eingaben, müssen für beide zum Vergleich stehenden Ausführungsvarianten eingegeben werden. Auf der baulichen Seite werden die Investitionskosten der Erstellung des Bauteiles zum Zeitpunkt t_0 eingegeben. Für Instandsetzungskosten sind im Modell drei unterschiedliche Massnahmen zur Eingabe möglich, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten und mit unterschiedlichen Kostenfolgen anfallen. Jede dieser Instandsetzungsmassnahmen wird mit sämtlichen Kosten einer einmaligen Massnahme eingegeben (Bsp. Ersatz Bodenbelag; inkl. Ausbau, Entsorgung, Vorbereitungsarbeiten für neuen Bodenbelag und neuer Einbau Bodenbelag). Zu jeder Instandsetzungsmassnahme wird ein Intervall festgelegt, in welchem sich die Massnahme wiederholt. Es empfiehlt sich die Instandsetzungsmassnahme im Tool kurz zu beschreiben. Entsprechende Felder sind dafür vorgesehen. Das Tool ist so programmiert, dass bei den Berechnungen auf 50 Jahre, ab dem 47. Jahr keine Instandsetzungen mehr ausgeführt werden. Bei den Betriebskosten wird bei beiden Varianten der jeweils jährlich anfallende Kostenbetrag eingegeben. Die gegebenenfalls bei einer Variante erzielbaren Mehrerträge werden in der Rubrik „Mehrertrag Variante“ eingegeben.

Hier muss diejenige der beiden Varianten ausgewählt werden, durch die ein Mehrertrag erzielt werden kann. Die Eingabe des Mehrertrages muss, wie schon bei den Betriebskosten, als jährlicher Betrag eingegeben werden.

Der Diskontsatz und die realen Teuerungsraten sind festzulegen. Bei den Teuerungsraten bestehen zwei Eingabemöglichkeiten. Zum einen die Preissteigerung der Baupreise, die gemäss getroffener Annahmen und Herleitung in Kap. 8.3.5 mit 1.1478% vorgeschlagen wird. Diese Preissteigerung fliesst in die Berechnung der Instandsetzungskosten ein. Zum anderen muss die Annahme der Preissteigerung der Betriebskosten eingegeben werden. Hier ist der Teuerungssatz davon abhängig, um welche Art von Betriebskosten es sich handelt. Bei Dienstleistungen ist die Empfehlung den Reallohnerhöhungssatz gemäss Kap. 8.3.5 von 0.4346% anzuwenden. Bei Energiekosten ist die Teuerungsrate vom Energieträger abhängig. Hier kann keine einheitliche Empfehlung abgegeben werden. Bei den Mehrerträgen wird keine Teuerungsrate angenommen, da es sich hierbei um Mieterträge handelt, welche der Teuerung des Landesindex der Konsumentenpreise folgen und somit keine reale Teuerung beinhalten.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten wie sich ein Diskontierungssatz ermitteln lässt. In der Literatur werden drei Methoden genannt: ¹⁵⁶

- WACC (Weighted Average Cost of Capital) - Methode
Hier wird ein gewichteter Kapitalkostensatz von Eigenkapital und Fremdkapital ermittelt.
- CAPM (Capital Asset Pricing Model)
Hier wird der Diskontsatz über die statistisch erfassten Risikoprämien des Marktes bestimmt (β).
- Opportunitäts- oder Risikokomponentenmodell
Hier wird der Satz über einen Rendite/Risikovergleich mit anderen Anlageklassen (Obligationen, Aktien) durchgeführt. Der Diskontsatz in einem Risikokomponentenmodell setzt sich wie folgt zusammen.
 - Nomineller Basiszinssatz (Durchschnitt einer 10-jährigen Bundesobligation ca. 2-4 %.
 - Immobilienspezifisches Marktrisiko ca. 1-2 %
 - Objektspezifisches Risiko ca. 0-4 %

¹⁵⁶ Ritz (2006), S. 34f.

In der Praxis hat sich für Immobilien das Risikokomponentenmodell durchgesetzt.

Der Diskontierungssatz ist vom Investor und seinen strategischen Zielen abhängig. In diesem Satz sind Erwartungen, Opportunitäts- und Risikoüberlegungen enthalten, die nicht für jeden gleich sind. Aus diesem Grund kann keine generelle Empfehlung zum Diskontsatz abgegeben werden. Wenn nichts anderes vorgegeben ist, wird in den folgenden Beispielen mit einem Satz von 5% gerechnet.

Es werden nun bei beiden Projektvarianten die einzelnen Bereiche wie Erstellungskosten, Instandsetzungskosten, Betriebskosten und gegebenenfalls Mehrerträge (bei der einen gegenüber der anderen Variante) auf 50 Jahre abdiskontiert berechnet und entsprechend ihrer prozentualen Gewichtung ausgewertet. Diese Teilresultate addiert ergeben die Lebenszykluskosten. Die beiden Varianten werden nun miteinander verglichen. Es werden die Mehr- resp. die Minderkosten der Vergleichsvariante absolut und in Prozent ausgewiesen. Zum Schluss wird ein allfälliger Mehrertrag der einen Variante mit den Mehr- oder Minderkosten der Lebenszykluskosten verrechnet und bei beiden Varianten das Endresultat als Finanzerfolg oder Finanzverlust ausgewiesen (vgl. Anhang 1-9). Bei Berechnungen die auf Vergleichswerten CHF/m² basieren, gilt es nun zu prüfen was dies aufgrund des Umfangs der m² für das betreffende Objekt bedeutet.

Die so errechneten Resultate sind nie absolut korrekt. Zu weit ist die Spanne der getroffenen Annahmen. Es gilt nun diese Resultate mittels einer Sensitivitätsanalyse zu verifizieren. Dies bedeutet, dass verschiedene Eingabeparameter verändert werden und dadurch unterschiedliche Resultate entstehen. Der Streubereich dieser Resultate zeigt uns die Grössenordnung an, in welcher die Lebenszykluskosten der beiden miteinander verglichenen Varianten zueinander stehen. Auf der Basis dieser Informationen können die richtigen Investitionsentscheide getroffen werden.

Weitere Ausführungen zum Modell sind in Kap. 9 Anwendungsbeispiele erläutert und in den detaillierten Berechnungen und Resultaten im Anhang 1-9 dokumentiert.

9 Anwendungsbeispiele

In den folgenden Anwendungsbeispielen werden unterschiedliche Ausführungsvarianten von Baukomponenten miteinander verglichen. In den Vergleichen werden immer die gesamten Lebenszykluskosten auf die angenommene Lebensdauer betrachtet. Entweder sind es die absoluten Kosten der ganzen Komponenten oder die Lebenszykluskosten pro m². Die zu den einzelnen Beispielen gehörenden detaillierten Berechnungen und Sensitivitätsanalysen sind im Anhang 1-9 ersichtlich.

9.1 Teilbereich Reinigung

Da der Bereich Reinigung, wie in Kap. 4.1 hergeleitet, grosse Betriebskostenpositionen beinhaltet, werden in diesem Bereich zwei Berechnungsbeispiele dargestellt. Im ersten Beispiel werden die Lebenszykluskosten von zwei unterschiedlichen Bodenbelägen untersucht. Im zweiten Beispiel wird aufgezeigt welches Ausmass die Vernachlässigung der Reinigungskosten zur Folge hat.

9.1.1 Bodenbeläge: Vergleich Nadelvlies (Teppich) mit Granitbelag

In diesem Beispiel wird der Vergleich der Lebenszykluskosten von zwei unterschiedlichen Bodenbelägen auf 50 Jahre aufgezeigt. Der Kostenvergleich bezieht sich auf einen m². Es wird die Annahme getroffen, dass es sich um eine hoch beanspruchte Fläche handelt. Es wird ein mittlerer Reinigungslevel angenommen und der Überstellungsgrad der Flächen liegt im mittleren Bereich (normal überstellte Büroflächen, Konferenzräume). Es wird ein Natursteinbodenbelag (Granit) mit einem Teppichbodenbelag (Nadelvlies) verglichen.

Beim Nadelvliesbelag liegen die Investitionskosten bei CHF 36.30/m². Aufgrund der hohen Beanspruchung der Fläche muss der Teppich alle 7 Jahre ersetzt werden. Innerhalb dieser 50 Jahre insgesamt sechsmal (im Tool sind die Instandsetzungen so eingegeben, dass nach 47 Jahren keine Investitionen/Instandsetzungen mehr getätigt werden). Die Instandsetzungskosten eines Nadelvlieses liegen bei CHF 50.10/m². Hier sind nebst dem Liefern und Verlegen des neuen Bodenbelages auch der Abbruch und die Entsorgung des alten Belages enthalten. Die Reinigungskosten belaufen sich auf CHF 16.35/m² und Jahr.¹⁵⁷ Die Resultate zeigen, dass die Kostenanteile der Lebenszyklus-

¹⁵⁷ FIGR (2004), S. 35, Basis der Reinigungspreise ist aus dem FIGR Bericht Nr.2 (2004). Diese Preise wurden von Euro in CHF umgerechnet und aktualisiert, vgl. Tabelle 10, S. 65.

kosten beim Nadelvlies mit einem Hauptanteil von 65.6% auf die Betriebskosten (Reinigung), mit 26.9% auf die Instandsetzungskosten und mit 7.5% auf die Investitionskosten fallen.

Beim Granitbelag wird ein Belag mit Investitionskosten von CHF 200.--/m² angenommen. Der Granitbelag weist eine technische Lebensdauer von 50 Jahren auf. Da jedoch die wirtschaftliche Lebensdauer, aufgrund des wechselnden Geschmacks nicht so lange andauert, wird angenommen, dass der Granitbelag nach 25 Jahren ersetzt wird. Diese Instandsetzungskosten werden mit CHF 240.--/m² angenommen. Die Reinigungskosten sind beim Granitbodenbelag tiefer als beim Nadelvlies und liegen bei CHF 9.85/m² und Jahr. Beim Granitbelag liegt die Kostenverteilung der Lebenszykluskosten mit einem Hauptanteil von 41.2% bei den Investitionskosten, mit 39.6% bei den Betriebskosten (Reinigung) und mit 19.2% bei den Instandsetzungskosten. Trotz hoher Erstinvestition ist diese nur knapp höher als der Betriebskostenanteil. Da der Granitbelag gegenüber dem Teppichbodenbelag einen Mehrwert verkörpert, wird angenommen, dass die Miete aufgrund des edleren Materials um CHF 5.--/m² und Jahr höher angesetzt werden kann (höhere Vermietung von Bsp. 350.--/m² und Jahr auf 355.--/m² und Jahr; 1.4% ist eine sehr moderate Erhöhung).

Die Berechnung wird mit einem Diskontsatz von 5% durchgeführt. Auf die Betriebskosten wird eine Teuerungsrate von 0.4346 % gerechnet (Realloohnerhöhung) und die Baupreise für die Instandsetzungen werden mit einer realen Preiserhöhung von 1.1478% berechnet. Unter der Annahme all der genannten Parameter ergibt der Variantenvergleich folgendes Resultat:

Total Lebenszykluskosten Nadelvlies auf 50 Jahre in CHF/m ² :	487.05
Total Lebenszykluskosten Granitbelag auf 50 Jahre in CHF/m ² :	<u>485.75</u>
Minderkosten bei Variante Granitbodenbelag in CHF/m ² :	1.30

Die Lebenszykluskosten der beiden Varianten sind also gleich hoch. Wird nun noch der erzielbare Mehrertrag bei der Variante Granitbodenbelag berücksichtigt spricht der Vergleich für die Variante Granit.

Minderkosten bei Variante Granitbodenbelag in CHF/m ² :	1.30
Mehrertrag bei Variante Granitbodenbelag in CHF/m ² :	<u>91.30</u>
Finanzerfolg bei Variante Granit in CHF/m ² :	92.60

Trotz der grösseren Investitionskosten ist der Granitbelag, bezogen auf eine Lebenszyklusbetrachtung, die wirtschaftlich interessantere Variante. Die hohe Beanspruchung der Fläche führt dazu, dass bei der Variante Nadelvlies hohe Instandsetzungskosten anfallen. Die sehr viel geringeren Reinigungskosten des Granitbodenbelages begünstigen die

Wirtschaftlichkeit des Granits. Ein erheblicher Faktor ist der, durch den generierten Mehrwert in der Materialisierung, mit dem Granitbodenbelag höher erzielbare Mietertrag. Der Kostenverlauf der beiden Varianten ist in Abbildung 9, die detaillierte Berechnung und die Resultate sind im Anhang 1 dokumentiert.

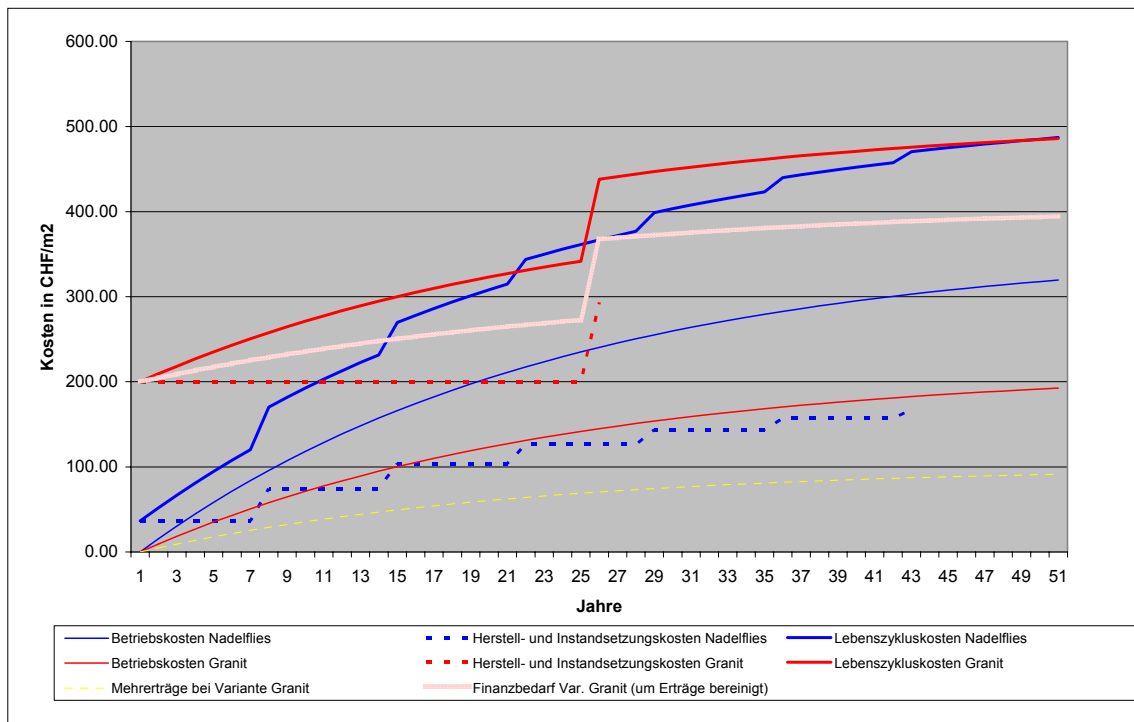


Abbildung 9: Vergleich der Lebenszykluskosten Bodenbeläge: Nadelvlies und Granit

Bei der dargestellten Berechnung ist nicht berücksichtigt, dass bei der Variante Nadelvlies alle 7 Jahre allfällige Kosten für einen Arbeitsunterbruch, Produktivitätsausfall des Büronutzers und Kosten für ein Wegräumen und Wiederherstellen der Möblierung anfallen. Der Arbeitsausfall der Mitarbeiter müsste entsprechend organisiert oder eventuell abgegolten werden. Bei der Anwendung von Bodenbelägen aus Granit im Bürobereich müsste andererseits in bauliche Massnahmen zur Erhöhung der Schallabsorption investiert werden. Diese Investitionen sind im Gegenzug in der Berechnung auch nicht berücksichtigt. In der folgenden Tabelle sind die Reinigungspreise pro m² und Jahr zu den unterschiedlichen Servicelevels und der unterschiedlichen Überstellungsklassen pro Bodenbelagsart ersichtlich. Die technische Lebensdauer in Abhängigkeit der Nutzungsintensität und die Erstellungs- und Instandsetzungskosten der Bodenbeläge pro m² können der Tabelle 10 entnommen werden.¹⁵⁸

¹⁵⁸ FIGR (2004), S. 6-9, 23, 35.

Reinigungskosten von Bodenbelägen
pro m² und Jahr

Preis in CHF teuerungsbereinigt auf Oktober 2006

Reinigung

nichttextile Bodenbeläge --> modernes Reinigungssystem: Einstufig Nasswischen und Cleanern bzw. Pflegefilmsanieren
Das einstufige Nasswischen erfolgt mit vorbereiteten Bezügen, je Bezug werden ca. 20 m2 gereinigt (Systemabhängig). Aufgrund der Pflegefilmsanierung wird eine Grundreinigung mit Neubeschichtung nur alle 5 Jahre durchgeführt.
Bei Parkett- und Laminatböden erfolgt das Nasswischen mit gut entwässerten Reinigungstextilien.

Überstellung		gering			mittel			hoch		
		z.B. Eingangsbereiche, Flure, Hallen			normal überstellte Büroflächen, Konferenzräume			dicht überstellte Büroflächen, Spiserräume		
Qualitätsstandard (Level)		gering			mittel			hoch		
		Ag-Ziffer			gering			mittel		
Heterogene PVC-Beläge	1	CHF 16.66	CHF 8.76	CHF 3.96	CHF 20.49	CHF 10.95	CHF 5.01	CHF 25.87	CHF 11.08	CHF 5.37
Homogene PVC-Beläge	1	CHF 16.66	CHF 8.76	CHF 3.96	CHF 20.49	CHF 10.95	CHF 5.01	CHF 25.87	CHF 11.08	CHF 5.37
Lindeumbeläge	1	CHF 16.66	CHF 8.76	CHF 3.96	CHF 20.49	CHF 10.95	CHF 5.01	CHF 25.87	CHF 11.08	CHF 5.37
Polyolefinbeläge	1	CHF 16.66	CHF 8.76	CHF 3.96	CHF 20.49	CHF 10.95	CHF 5.01	CHF 25.87	CHF 11.08	CHF 5.37
Glatte Elastomerbeläge	1	CHF 16.66	CHF 8.76	CHF 3.96	CHF 20.49	CHF 10.95	CHF 5.01	CHF 25.87	CHF 11.08	CHF 5.37
Versiegelte Parkettböden	1	CHF 16.66	CHF 8.76	CHF 3.96	CHF 20.49	CHF 10.95	CHF 5.01	CHF 25.87	CHF 11.08	CHF 5.37
Glatte Parkettböden	1	CHF 16.66	CHF 8.76	CHF 3.96	CHF 20.49	CHF 10.95	CHF 5.01	CHF 25.87	CHF 11.08	CHF 5.37
Laminatböden	1	CHF 16.66	CHF 8.76	CHF 3.96	CHF 20.49	CHF 10.95	CHF 5.01	CHF 25.87	CHF 11.08	CHF 5.37
Strukturierte Steinfliesen	1.15	CHF 19.15	CHF 10.07	CHF 4.55	CHF 23.57	CHF 12.60	CHF 5.76	CHF 28.75	CHF 12.74	CHF 6.18
Brautau Steinfliesen	1.15	CHF 19.15	CHF 10.07	CHF 4.55	CHF 23.57	CHF 12.60	CHF 5.76	CHF 28.75	CHF 12.74	CHF 6.18
Feinsteinzeugfliesen	1.3	CHF 21.65	CHF 11.39	CHF 5.14	CHF 26.64	CHF 14.24	CHF 6.51	CHF 33.63	CHF 14.40	CHF 6.99
Polierte Betonsteinbeläge	0.9	CHF 14.99	CHF 7.88	CHF 3.56	CHF 18.44	CHF 9.86	CHF 4.51	CHF 23.28	CHF 9.97	CHF 4.84
Polierte Naturwerksteinbeläge	0.9	CHF 14.99	CHF 7.88	CHF 3.56	CHF 18.44	CHF 9.86	CHF 4.51	CHF 23.28	CHF 9.97	CHF 4.84
Glasierte Keramikfliesen	0.9	CHF 14.99	CHF 7.88	CHF 3.56	CHF 18.44	CHF 9.86	CHF 4.51	CHF 23.28	CHF 9.97	CHF 4.84
Unglasierte Keramikfliesen	0.85	CHF 14.16	CHF 7.45	CHF 3.36	CHF 17.42	CHF 9.31	CHF 4.26	CHF 21.99	CHF 9.41	CHF 4.57
Geschliffene Naturwerksteinbeläge	0.85	CHF 14.16	CHF 7.45	CHF 3.36	CHF 17.42	CHF 9.31	CHF 4.26	CHF 21.99	CHF 9.41	CHF 4.57
Geschliffene Betonwerksteinbeläge	0.85	CHF 14.16	CHF 7.45	CHF 3.36	CHF 17.42	CHF 9.31	CHF 4.26	CHF 21.99	CHF 9.41	CHF 4.57
Textile Beläge	1	CHF 19.82	CHF 14.38	CHF 10.94	CHF 22.55	CHF 16.10	CHF 11.75	CHF 26.76	CHF 18.18	CHF 12.41
Velour	1	CHF 19.82	CHF 14.38	CHF 10.94	CHF 22.55	CHF 16.10	CHF 11.75	CHF 26.76	CHF 18.18	CHF 12.41
Feinschlinge	1	CHF 19.82	CHF 14.38	CHF 10.94	CHF 22.55	CHF 16.10	CHF 11.75	CHF 26.76	CHF 18.18	CHF 12.41
Tufting gewebe Beläge	1	CHF 19.82	CHF 14.38	CHF 10.94	CHF 22.55	CHF 16.10	CHF 11.75	CHF 26.76	CHF 18.18	CHF 12.41
Nadelflies + 0.15 Euro / m2	1	CHF 20.08	CHF 14.63	CHF 11.20	CHF 22.81	CHF 16.36	CHF 12.01	CHF 27.02	CHF 18.44	CHF 12.66

Anschaffungskosten/ Bauwerksteilkosten CHF/m2	Instandsetzungs- kosten	Technische Lebensdauer in Jahren		
		ende	hoch	gering
CHF 55.29	CHF 69.11		15	20
CHF 39.74	CHF 53.56		20	30
CHF 38.01	CHF 51.83		20	30
CHF 50.11	CHF 53.56		5	7
CHF 44.92	CHF 55.66		20	30
CHF 107.13	CHF 25.92	50	10	15
CHF 107.13	CHF 25.92	50	10	15
CHF 82.94	CHF 101.94	50	10	15
CHF 101.94	CHF 0.00	50	keine Sanierungsmassnahme nötig	20
CHF 101.94	CHF 0.00	50	keine Sanierungsmassnahme nötig	20
CHF 101.94	CHF 0.00	50	keine Sanierungsmassnahme nötig	20
CHF 112.31	CHF 24.19	50	10	15
CHF 124.40	CHF 24.19	50	10	15
CHF 101.94	CHF 0.00	50	keine Sanierungsmassnahme nötig	20
CHF 101.94	CHF 0.00	50	keine Sanierungsmassnahme nötig	20
CHF 120.95	CHF 0.00	50	keine Sanierungsmassnahme nötig	20
CHF 103.67	CHF 0.00	50	keine Sanierungsmassnahme nötig	20
CHF 39.74	CHF 53.56		8	12
CHF 39.74	CHF 53.56		8	12
CHF 53.56	CHF 67.39		10	15
CHF 36.28	CHF 50.11		7	10

Quelle der Leistungswerte: FIGR Forschungs- und Prüfinstitut für Facility Management GmbH, Baunutzungskosten von Fussbodenbelägen - FIGR-Bericht Nr. 2, 2004, S. 6-9, 23, 35; Werte wurden jedoch Umgerechnet auf CHF (Faktor Euro/CHF 1.6) und mittels Indexstand des Schweizerischen Baupreisindex (Neubau von Bürogebäuden) Stand April 2004 von 108.9 auf den Stand Oktober 2006 von 117.6 umgerechnet (vgl. Kap. 8.3.5).

Tabelle 10: Bodenbeläge: Reinigungs-, Instandsetzungs- und Instandsetzungskosten pro m²

Nun gilt es die Auswirkungen der Variantenwahl auf ein Objekt umzurechnen. Geht man von einem Objekt mit 10'000 m² Hauptnutzfläche (HNF) aus, kann mit der richtigen Materialwahl eine knappe Million CHF (926'000.--) Einsparung an Lebenszykluskosten, auf den heutigen Zeitpunkt abdiskontiert, resultieren. Dies bedeutet, dass ein solches Gebäude welches mit einem Granitbodenbelag ausgelegt wurde, höher bewertet werden müsste oder zu einem rund 1 Million höheren Preis verkauft werden könnte.

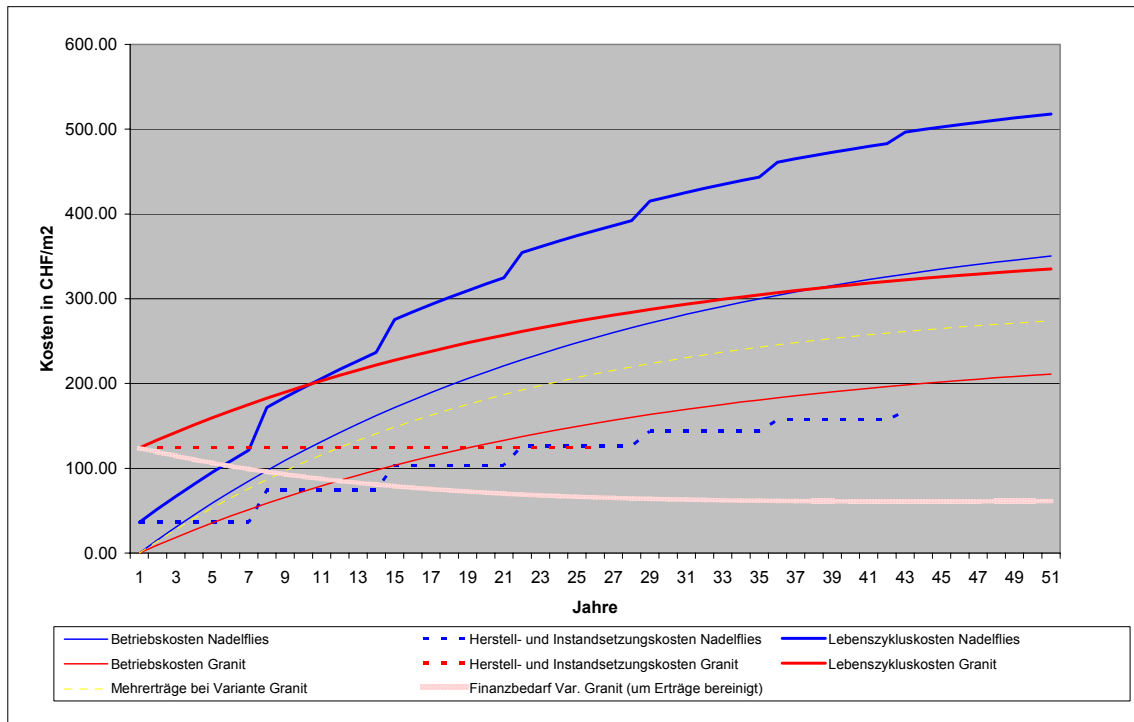
Die beschriebenen Rahmenbedingungen und getroffenen Annahmen für diesen Vergleich werden „Grundvariante“ genannt. Auf der Basis dieser Vergleichsberechnung werden nun im Sinne einer Sensitivitätsbetrachtung einige Eingabeparameter verändert und der Einfluss auf das Resultat kommentiert. Es werden bei jedem Eingabeparameter zwei Varianten aufgezeigt. Bei der einen Variante werden die Eingaben so gewählt, dass das Ergebnis positiv für die Materialwahl Nadelvlies ausfällt und bei der anderen Variante soll das Ergebnis positiv im Sinne tiefer Lebenszykluskosten des Granits ausfallen. Die Kombination aller veränderten Eingabeparameter ergibt eine Unzahl von Sensitivitätsvarianten. Es werden daher zwei Extremvarianten berechnet. Es wird die Kombinationen aller für den Nadelvlies vorteilhaften Eingabeparameter und die Kombination aller für den Granit vorteilhaften Eingabeparameter errechnet. Jede andere Kombination der Eingabeparameter liegt immer dazwischen.

Folgende Eingabeparameter werden für die Sensitivitätsanalyse verändert:

Eingabeparameter	Variante „zu Gunsten Granit“	Variante „zu Gunsten Nadelvlies“
Teuerung Betriebskosten	1.00%	0.00%
Investitionskosten Granit	CHF 124.--/m ²	CHF 300.--/m ²
Instandsetzung Granit	Keine Instandsetzung 50 Jahre	Nach 25 Jahren instand setzen
Instandsetzung Nadelvlies	alle 7 Jahre instand setzen	alle 10 Jahre instand setzen
Ertrag aus Granit (Mehrmiete)	CHF 15.--/m ²	CHF 5.--/m ²

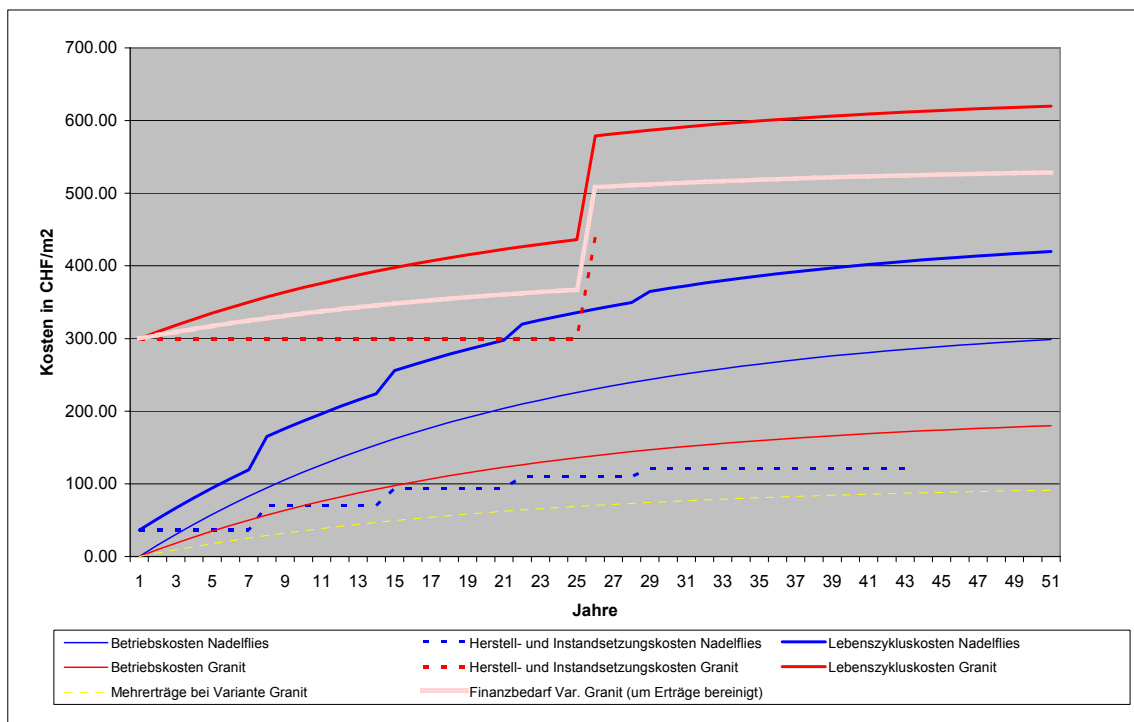
Tabelle 11: Eingabeparameter für die Sensitivitätsberechnungen; Vergleich Lebenszykluskosten Bodenbeläge Nadelvlies zu Granitbelag

Die Berechnungen sind im Anhang 2 (Variante „zu Gunsten Granit“) und 3 (Variante „zu Gunsten Nadelvlies“) dokumentiert. Nachstehend sind die Resultate grafisch dargestellt:



**Abbildung 10: Vergleich der Lebenszykluskosten Bodenbeläge: Nadelvlies und Granit
Variante „zu Gunsten Granit“**

Bei der Variante „zu Gunsten Granit“ werden die Lebenszykluskosten von CHF 335.--/m² durch die höheren Mieteinnahmen von CHF 274.--/m² auf einen Finanzbedarf von CHF 61.--/m² reduziert.



**Abbildung 11: Vergleich der Lebenszykluskosten Bodenbeläge: Nadelvlies und Granit
Variante „zu Gunsten Nadelvlies“**

Bei der Sensitivitätsberechnung „zu Gunsten Nadelvlies“ liegen die Lebenszykluskosten beim Nadelvlies bei CHF 420.--/m² und sind damit CHF 200.--/m² tiefer als bei der Variante Granit (CHF 620.--/m²). Der Finanzbedarf wird beim Granitbodenbelag durch die Mehrerträge zwar auf CHF 529.--/m² reduziert, dieser liegt aber noch immer CHF 109.--/m² über den Lebenszykluskosten der Variante Nadelvlies.

Je nach den gegebenen Umständen (Erstellungskosten resp. Preisklasse Granit, Möglichkeit und Höhe der Erzielung eines Mehrertrages durch den Einsatz von Granit) liegt die zur Entscheidungsfindung massgebliche Berechnungsvariante zwischen den beiden aufgezeigten Extremvarianten. In den Berechnungen wird deutlich, dass der Mehrertrag, der Granitpreis und das Instandsetzungsintervall, die entscheidenden Richtgrössen darstellen. Die eingangs dargestellte „Grundvariante“ zeigt, dass ohne die Erzielung eines Mehrertrages durch die Materialwahl Granit, die Lebenszykluskosten der beiden Varianten in etwa gleich hoch sind. Aufgrund dieser Betrachtung macht eine Ausführung in Granit durchaus Sinn, liegt hier doch ein Ertragspotential, welches möglicherweise erst später (z.B. bei einem Mieterwechsel) zum Nulltarif ausgeschöpft werden kann.

9.1.2 Bodenbeläge: Vergleich Lebenszykluskosten inkl. und exkl. Betriebskosten

Wie schon in Kap. 2.3.3 und 8.1 beschrieben werden mit der Softwarekomponente „baulocc“ im Softwaretool „bauloop“ die Betriebskosten nicht berücksichtigt. In folgendem Beispiel wird aufgezeigt, dass bei der Beurteilung von Lebenszykluskosten auf die Betriebskostenkomponenten nicht verzichtet werden darf. Es wird dazu das Berechnungsbeispiel aus der Dissertation von Kati Herzog beigezogen und die nach der Methode Herzog errechneten Kosten mit denen des in Kap.8.3 erarbeiteten Modells verglichen. Die Rahmenbedingungen werden, zur Vergleichbarkeit der beiden Berechnungsmethoden, aus der Berechnung Herzog übernommen.¹⁵⁹ Der Betrachtungszeitraum ist auf 100 Jahre festgelegt. Die Resultate der Lebenszykluskosten werden in Euro/m² angegeben. Bei beiden Methoden wurde mit einem Diskontsatz von 5,5% gerechnet. Die Instandsetzungsarbeiten wurden bei beiden Methoden mit einer jährlichen realen Preisteigerung von 1.8% (von Herzog zur besseren Vergleichbarkeit übernommen) angehoben. Der reale Preisanstieg bei den Betriebskosten (Reinigungspersonal) wurde mit 0.4346% berechnet. Für die Berechnung der Reinigungskosten wird von einem mittleren Qualitätsstandard und einem mittleren Überstellungsgrad (normal überstellte Büroflächen, Konferenzräume) ausgegangen. Die Reinigungskosten wurden aus dem FIGR-

¹⁵⁹ Herzog (2005), S. 201-207, 221, 222.

Bericht Nr. 2 entnommen.¹⁶⁰ In den Berechnungen werden die Lebenszykluskosten von drei unterschiedlichen Bodenbelägen (Fliesen, Teppich und Laminat) untersucht.

Anhand des Resultats der Berechnung soll eine Empfehlung zur Wahl der vorteilhaftesten Konstruktionsvariante abgegeben werden. In nachstehender Tabelle werden drei verschiedene Resultate angegeben:

Konstruktions- variante	Methode Herzog ohne Betriebskosten	%	Methode Krull ohne Betriebskosten	%	Methode Krull mit Betriebskosten	%
<u>Fliesen</u>	69,53 €/m ²	100%	71,67 €/m ²	100%	192,42 €/m ²	100%
<u>Teppich</u>	81,23 €/m ²	117%	83,92 €/m ²	117%	284,33 €/m ²	148%
<u>Laminat</u>	82,83 €/m ²	119%	86,36 €/m ²	120%	220,53 €/m ²	115%

Tabelle 12: Lebenszykluskosten in €/m² auf 100 Jahre: Vergleich Methoden Herzog und Krull

Der Vergleich zeigt, dass die beiden Berechnungsmethoden, lässt man bei der Methode Krull die Betriebskosten weg, in etwa die gleichen Resultate ergeben. Werden die Betriebskosten berücksichtigt, fallen zwei wesentliche Punkte auf. Erstens ist nicht mehr das Laminat sondern der Teppichbelag die kostenintensivste Variante und zweitens ist die prozentuale Abweichung der unterschiedlichen Konstruktionsvarianten, bezogen auf die Lebenszykluskosten, viel grösser (Abweichung Teppich 148% von Fliesen) als dies bei der einfachen Investitionskostenbetrachtung der Fall ist (Abweichung Teppich 117% von Fliesen).

Die wirtschaftlichste Variante ist bei beiden Methoden der Fliesenbelag. Dies jedoch eher zufällig, da der Fliesenbelag, auf den Lebenszyklus von 100 Jahren bezogen, einerseits tiefere Instandsetzungskosten und andererseits, aufgrund der einfacheren Pflege, geringere Betriebskosten, als die beiden anderen Bodenbeläge, verursacht. Die Absoluten Lebenszykluskosten sind bei Berücksichtigung der Betriebskosten allerdings fast dreimal höher.

Wenn man in Betracht zieht, dass die Betriebskosten bei allen drei Konstruktionsvarianten zwischen 61% und 70% der Lebenszykluskosten liegen (Abbildung 13), darf die Aussage gemacht werden, dass aufgrund der Berechnung nach Herzog an diesem Beispiel nicht von einer ganzheitlichen Lebenszykluskostenbetrachtung gesprochen werden

¹⁶⁰ FIGR (2004), S. 35

darf. Die dargelegten Ausführungen zeigen, dass zur Wahl einer lebenszykluskostenoptimierten Konstruktionsvariante immer auch die Berücksichtigung der Betriebskosten, hier die Reinigungskosten, hinzugezogen werden muss. Wird dies nicht gemacht, wird mit grosser Wahrscheinlichkeit ein Fehlentscheid gefällt. Die ausführlichen Berechnungen sind im Anhang 4 dargestellt.

In nachstehender Grafik sind die Resultate der Methode Krull dargestellt. Die dünnen Linien sind die Betriebskosten und die gestrichelten Linien die Herstell- und Instandsetzungskosten. Die beiden Graphen addiert ergeben die fetten Graphen, die Lebenszykluskosten.

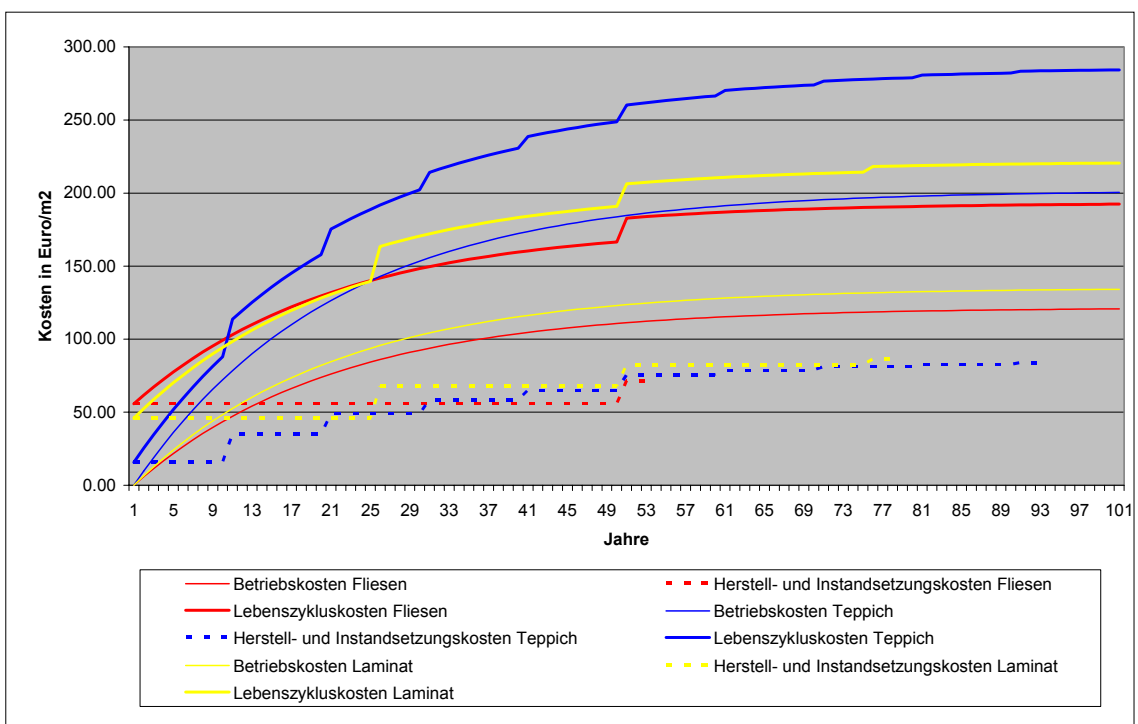


Abbildung 12: Vergleich der Lebenszykluskosten Bodenbeläge: Fliesen, Teppich und Laminat

Zur Verdeutlichung der Relevanz der Betriebskosten, wird in folgender Abbildung der prozentuale Anteil der Kostengruppen, Herstellung, Instandsetzung und Betrieb, an den Lebenszykluskosten aufgezeigt. In der linken Spalte der Vergleich nach Herzog, in welchem die Betriebskosten fehlen. In der rechten Spalte nach dem erarbeiteten Modell in welchem Herstellungs-, Investitions- und Betriebskosten berücksichtigt werden.

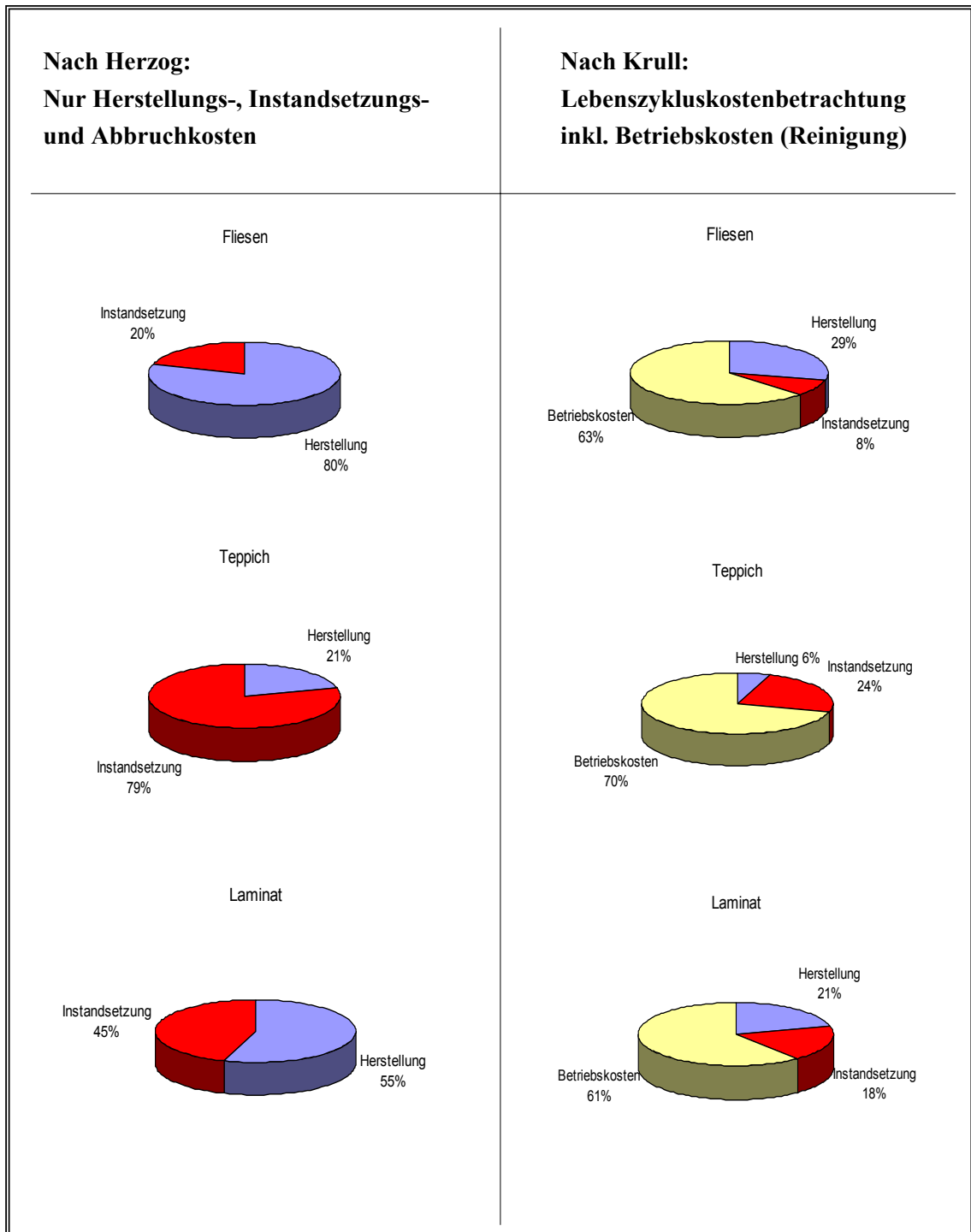


Abbildung 13: Bodenbeläge: Prozentuale Anteile der Lebenszykluskostengruppen inkl. und exkl. Betriebskosten

9.2 Teilbereich Energie

Der Bereich Energie umfasst gemäss den Ausführungen in Kap. 4.1 ca. $\frac{1}{4}$ der gesamten Betriebskosten und ist damit einer der Bereiche, in welchen ein entsprechend grosses Optimierungspotential steckt. Beispiele im Bereich Energie eignen sich besonders gut zur Anwendung eines solchen Modells, da die Verbrauchsmengen von unterschiedlichen Konstruktionsvarianten gut berechenbar oder bekannt sind und auch die Energiepreise, mit Ausnahme deren Preisentwicklung, vorliegen.

Es werden zwei Beispiele berechnet und dokumentiert. Im ersten Beispiel werden zwei Varianten unterschiedlicher Wärmeerzeugung gegenübergestellt und im zweiten Beispiel werden die Lebenszykluskosten zweier unterschiedlicher Lösungen zur Raumklimatisierung untersucht.

9.2.1 Wärmeerzeugung: Vergleich Fernwärme / „Low-Exergie“

Bei dem zurzeit in der Projektentwicklungsphase stehenden Projekt Hardturm-Areal in Zürich stehen im Energieversorgungskonzept zwei Varianten zur Diskussion. Die eine Variante ist ein Fernwärmeanschluss an das Fernwärmenetz Zürich West. Die Wärme müsste vollumfänglich vom Fernwärmenetz bezogen werden. Zu einer Variante Kombi (Fernwärme/„Low-Exergie“), bei welcher der Fernwärmebedarf auf ca. 50% reduziert werden könnte, kann die Fernwärme Zürich nicht zustimmen und würde auf eine Wärmelieferung verzichten. Die Fernwärme wird zu ca. 50% aus fossilen Energieträgern hergestellt. In den Wintermonaten muss für die Sicherstellung der vertraglich vereinbarten Vorlauftemperaturen fossil nachgeheizt werden.¹⁶¹ Die Energiekosten haben bei der Variante Fernwärme ein grösseres Gewicht als bei der alternativen Variante „Low-Exergie“. In den kommenden 10 Jahren ist dadurch bei der Fernwärme mit einer stärkeren Teuerung infolge Energiepreissteigerung zu rechnen.¹⁶²

Das „Low-Exergie“-Konzept basiert auf einer optimierten Abwärme- und Grundwassernutzung. „Bei diesem Konzept geht es darum, möglichst wenig hochwertige Energie (Exergie) zu verbrauchen. Der Schlüssel dazu ist eine hohe Effizienz der Wärmepumpen, welche einerseits Abwärme auf hohem Temperaturniveau nutzen und andererseits mit sehr tiefen Heiztemperaturen gefahren werden können.“¹⁶³ Ein Ziel des Konzepts

¹⁶¹ Amstein + Walthert (2007), Testplanung, S. 55.

¹⁶² Amstein + Walthert (2007), Testplanung, S. 40.

¹⁶³ Amstein + Walthert (2007), Testplanung, S. 14.

ist, wenn möglich die gesamte elektrische Antriebsenergie für Heizung, Warmwasser und Lüftung, mittels Sonnenstromanlagen zu produzieren.¹⁶⁴

Zur Berechnung eines Wirtschaftlichkeitsvergleiches wird eine Lebenszykluskostenberechnung auf 50 Jahre vorgenommen. Die im Kalkulationstool einzugebenden Eingabeparameter werden aus der Studie von Amstein + Walthert übernommen.¹⁶⁵ Bei den Investitionskosten wurden ein paar Korrekturen aus der neueren Präsentation von Amstein + Walthert vom 15.02.2007 übernommen.¹⁶⁶

Kostenarten	Fernwärme	„Low-Exergie“
Investitionskosten / Herstellungskosten	CHF 25'889'000.--	CHF 25'386'000.--
Instandsetzungskosten / Ersatzinvestitionen nach 20 und 40 Jahren	CHF 982'000.--	CHF 2'205'000.--
Betriebskosten		
Energiekosten Fernwärme / Jahr	CHF 324'345.--	
Elektrizität Wärmepumpen / Jahr		CHF 112'000.--
Elektrizität für Lüftung / Jahr	CHF 90'000.--	CHF 70'000.--
Wartung/Instandsetzung/Bedienung / Jahr* ¹	CHF 32'941.--	CHF 116'520.--
Raummierte Wärmeherzeugung / Jahr	CHF 8'000.--	CHF 16'000.--

Quelle: Amstein + Walthert (2006), Testplanung S. 37 f; Energiekonzept „Low-Exergie“ S. 7

Tabelle 13: Eingabedaten zur Berechnung der Lebenszykluskosten der Varianten Fernwärme und „Low-Exergie“

*¹ Hier wurden die Kosten für Wartung Instandsetzung und Bedienung berücksichtigt. Unter Instandsetzung sind hier kleinere regelmässige Instandsetzungsarbeiten gemeint, die nicht im Einzelnen aufgeführt sind.

Die Berechnung wird mit einem Diskontsatz von 5% durchgeführt. Auf die Betriebskosten wird eine Teuerungsrate von 0.4346 % gerechnet (Annahme moderater Energiepreiserhöhungen) und die Baupreise für die Instandsetzungen werden mit einer realen Preiserhöhung von 1.1478% berechnet.

¹⁶⁴ Amstein + Walthert (2007), Testplanung, S. 14.

¹⁶⁵ Amstein + Walthert (2007), Testplanung, S. 37 f.

¹⁶⁶ Amstein + Walthert (2007), Energiekonzept „Low-Exergie“, S. 7

Unter der Annahme all der genannten Parameter ergibt der Variantenvergleich folgendes Resultat:

Lebenszykluskosten Fernwärme auf 50 Jahre in CHF:	35'302'488.--
Lebenszykluskosten „Low-Exergie“ auf 50 Jahre in CHF:	<u>32'737'562.--</u>
Minderkosten der Variante „Low-Exergie“ in CHF:	2'564'926.--

Die Lebenszykluskosten liegen bei der Variante „Low-Exergie“ um 7.27% tiefer als bei der Variante Fernwärme. Diese Kosteneinsparung resultiert aus den tieferen Betriebskosten („Low-Exergie“ CHF 5'830'480 ca. 18% der Lebenszykluskosten; Fernwärme CHF 8'736'072 ca. 25% der Lebenszykluskosten).

Bei der Variante Fernwärme kann durch die geringere Flächennutzung der Installation ein Mehrertrag erzielt werden, der jedoch nicht mal ein halbes Prozent der Lebenszykluskosten ausmacht (0,41% der Lebenszykluskosten Variante Fernwärme).

Minderkosten bei Variante „Low-Exergie“ in CHF:	2'564'926.--
Mehrertrag bei Variante Fernwärme in CHF:	<u>146'047.--</u>
Finanzerfolg bei Variante „Low-Exergie“ in CHF:	2'418'879.--

Würden bei diesem Kostenvergleich die Betriebskosten nicht berücksichtigt, wie dies in der Praxis häufig gemacht wird, wäre die Variante Fernwärme die wirtschaftlichere.

Herstellungs- und Instandsetzungskosten „Low-Exergie“ in CHF:	26'907'081.--
Herstellungs- und Instandsetzungskosten Fernwärme in CHF:	<u>26'566'416.--</u>
Finanzerfolg bei Variante Fernwärme in CHF:	340'665.--

Die vermeintliche Einsparung von CHF 340'665.--, würde bei einem solchen Entscheid einen Finanzerfolg von ca. 2,4 Mio. gefährden, nur weil keine ganzheitliche Lebenszykluskostenbetrachtung angestellt wurde. Diese Resultate zeigen, dass trotz der über doppelt so hohen Instandsetzungskosten (vgl. Anhang 5) der Variante „Low-Exergie“, diese die wirtschaftlich interessantere Variante ist. Anhand dieses Beispiels wird erneut verdeutlicht, dass ohne Betriebskostensicht, Fehlentscheidungen in der Investition getätigt werden können.

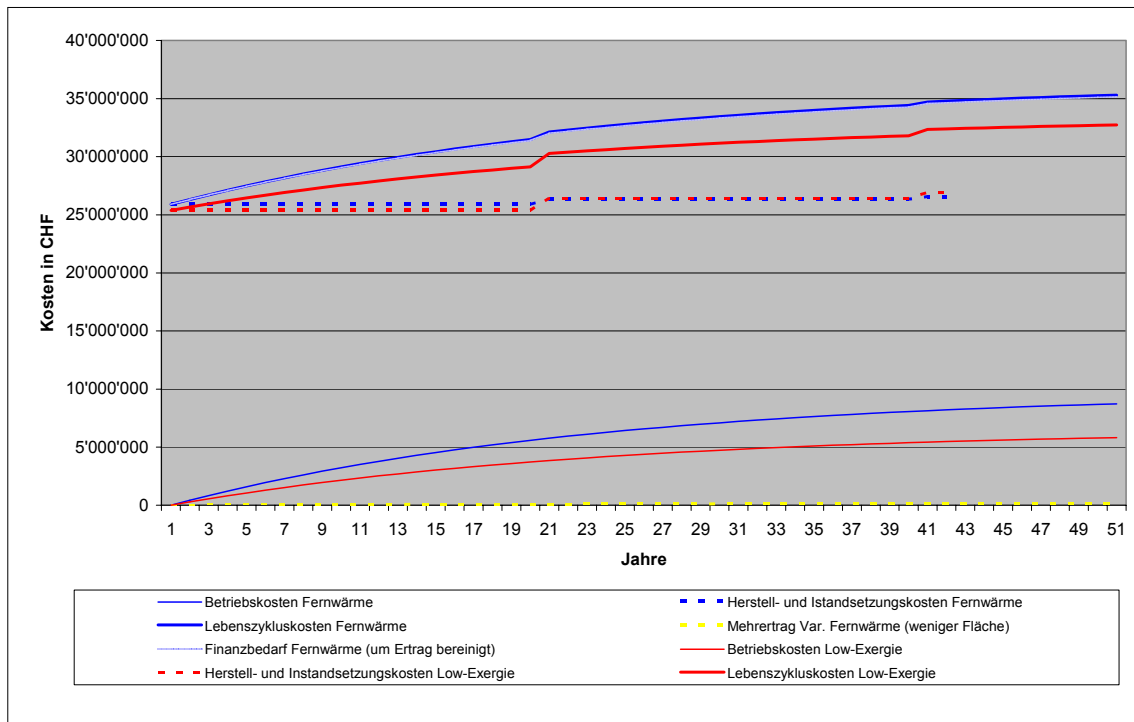


Abbildung 14: Vergleich der Lebenszykluskosten Wärmeerzeugung: Fernwärme und „Low-Exergie“; „moderate Energiepreissteigerungen“

Einfluss der Energiepreise

In der nachstehenden Berechnung wird deutlich, dass Energiepreissteigerungen einen massiven Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit einer Projektvariante haben können. Wie viel die fossilen Energiepreise in Zukunft steigen werden ist unklar und einerseits von der Entwicklung des Mineralölmarktes, andererseits von der Umsetzung und Weiterentwicklung staatlicher Steuerungsmechanismen wie z.B. dem CO₂-Abgabegesetz abhängig.

In folgendem Beispiel wurde die vorgängig beschriebene Vergleichsberechnung (mit moderater Energiepreissteigerung von 0,4346%) beigezogen und die Betriebskosten (Energiepreise) bei der Fernwärme mit 3% jährlicher, realer Preissteigerung angenommen. Die Preissteigerung der Betriebskosten der Variante „Low-Exergie“ von 0.4346% wurde, wie auch alle anderen Eingabeparameter belassen.

Lebenszykluskosten Fernwärme auf 50 Jahre in CHF:	40'381'002.--
Lebenszykluskosten „Low-Exergie“ auf 50 Jahre in CHF (wie bisher):	<u>32'737'562.--</u>
Minderkosten der Variante „Low-Exergie“ in CHF:	7'643'440.--

Durch diese bei der Variante Fernwärme eingeführte Preiserhöhung der Betriebskosten, liegen die Lebenszykluskosten der Variante „Low-Exergie“ um 18.93% tiefer als die der Variante Fernwärme. Die Erhöhung einer jährlichen Preissteigerung der Betriebs-

kosten von 3% (Erhöhung um 2,5654%) führt zu Mehrkosten der Variante Fernwärme von CHF 5'078'514.-- (7'643'440.-- – 2'564'926.--). Dies ist gegenüber der ersten Berechnung der Lebenszykluskosten der Fernwärme eine Preiserhöhung von 14,39%.¹⁶⁷ Die Berechnungsergebnisse aus dem Excel-Tool der beiden beschriebenen Varianten sind im Anhang 5 und 6 im Detail dokumentiert.

Ungeachtet der Höhe der Energiepreissteigerung soll an diesem Beispiel gezeigt werden, dass die Energiepreise den massgeblichen Einflussfaktor auf die Wahl der Projektvariante darstellen können. Nachstehend ist dieses Resultat grafisch dargestellt:

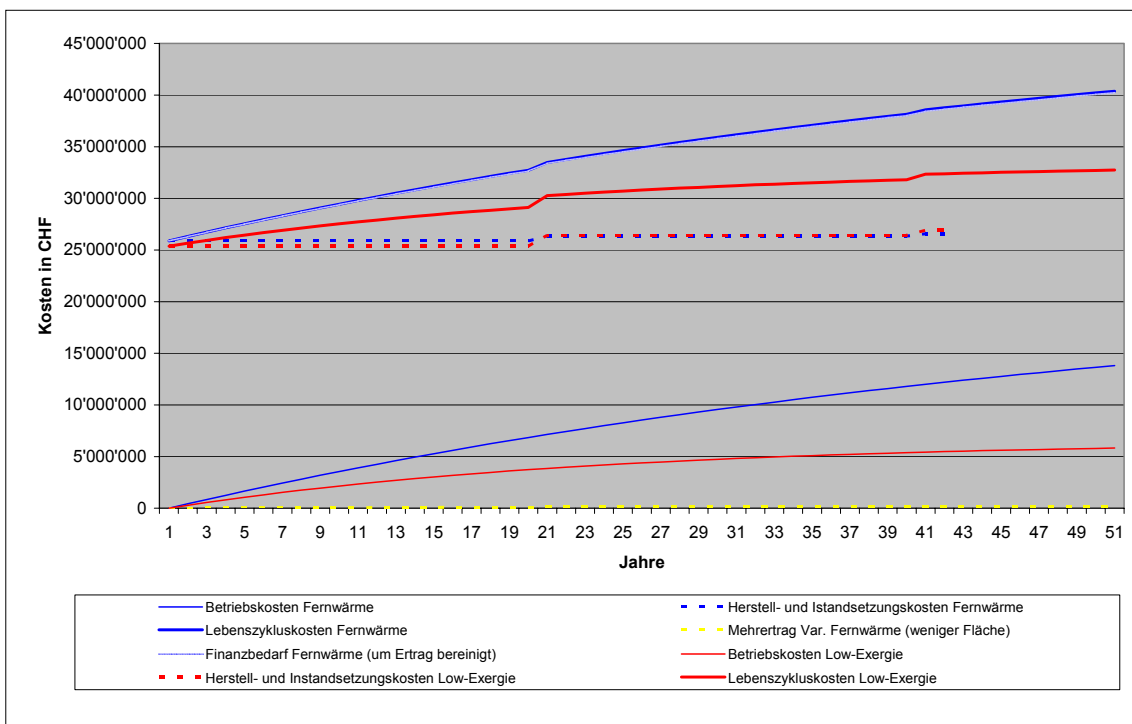


Abbildung 15: Vergleich der Lebenszykluskosten Wärmeerzeugung: Fernwärme und „Low-Exergie“; „hohe Energiepreissteigerung Fernwärme“

Die den beiden Vergleichsberechnungen des Beispiels Fernwärme/„Low-Exergie“ zu Grunde liegenden Quellen von Amstein + Walther sind nicht öffentlich zugänglich. Der Betreuer der Arbeit verfügt über diese Quellen.

¹⁶⁷ Lebenszykluskosten Fernwärme vor starkem Preisanstieg: CHF 35'302'488 = 100%; Preisdifferenz der Variante Fernwärme aufgrund der Betriebskostenerhöhung von jährlich 3%: CHF 5'078'514 = 14,39%.

9.2.2 Raumklimatisierung: Brüstungsgeräte Vergleich Fan Coil / Induktionsgerät

Bei einem Umbau eines Bankgebäudes in Zürich geht es um den Investitionsentscheid bezüglich der Wahl von 33 Brüstungsgeräten zur Luftverteilung für die Raumklimatisierung. Es stehen zwei Ausführungsvarianten zur Wahl.¹⁶⁸

Fan Coil (Konzept Ernst Basler und Partner; 2-Leiter):

Die Luft wird mittels Ventilator durch den Wärmetauscher gedrückt und über einen Luftspalt entlang der Fenster in den Raum geblasen. Das Heizen oder Kühlen ist unabhängig des Betriebs der Lüftung möglich (erwartete Betriebsstunden der Ventilatoren 2500 h/a (Stunden/Jahr)). Die Frischluft strömt "drucklos" ins Brüstungsgerät ein und wird vor Eintritt in den Raum mit Umluft vermischt. Die gewünschte Temperatur wird über einen Thermostat mittels ein- und ausschalten des Ventilators geregelt, wobei der Wärmetauscher konstant mit Heiz- oder Kühlwasser durchströmt wird (kein Regelventil). Die Übersteuerung des Thermostaten für die Nachtauskühlung, Nachtabsenkung und den Aufheizvorgang ist ohne Anbindung an ein Leitsystem möglich. Die Umschaltung von Heizen auf Kühlen ist pro Fassade und Stockwerk möglich.

Moderne Induktionsgeräte (z.B. Ecopac; 4-Leiter):

Die Primärluft wird mit Düsen ins Brüstungsgerät eingeblasen und mit Raumluft vermischt, welche durch den Wärmetauscher gesogen wird (Induktionsverhältnis ca. 1:3). Heizen und Kühlen ist nur möglich, wenn die Lüftung in Betrieb ist. Dies bedeutet, dass das Brüstungsgerät ca. 2500 Betriebsstunden pro Jahr durchströmt wird während die Lüftungsanlage ohnehin läuft und zusätzlich ca. 2500 h/a in Betrieb ist, wenn die Lüftungsanlage eigentlich nicht in Betrieb sein müsste. Für die Induktion ist ein zusätzlich benötigter Luft-Überdruck von min. 60 Pa (Pascal) notwendig. Die Temperatur wird über wasserseitige Regelventile über Thermostat geregelt (je in Kalt- und Warmwasser).

Die Variante Fan Coil ist bezüglich der Investitionskosten etwas höher. Die Energiekosten (hier Strom) sind bei diesen 33 Geräten bei der Variante Fan Coil über 7-mal tiefer. Dadurch, dass der Betriebskostenanteil Energie, bezogen auf die Wartungs-, Instandsetzungs- und Investitionskosten so gering ist, hat diese Kostenkomponente praktisch keinen Einfluss. Zur Veranschaulichung wird eine Berechnungsvariante mit doppeltem Strompreis angestellt, um den Einfluss dieser Kostenkomponente korrekt beurteilen zu können.

¹⁶⁸ Planungsauftrag von Ernst Basler & Partner AG; Informationen aus Interview vom 10.05.2007 mit Heinz Richter

Aufgrund der höheren Betriebsstunden und der dadurch doppelt durchströmten Luftmenge bei den Induktionsgeräten, ist bei diesen auch der Wartungsaufwand höher. Für die Wartungskosten werden die von Ernst Basler & Partner AG abgeschätzten Kostenanteile angenommen. Diese basieren auf einem prozentualen Anteil der Investitionskosten (Fan Coil 2,5%; Induktionsgerät 3%) und sind daher sehr hypothetisch. In einer weiteren Berechnungsvariante wird mittels einer Abschätzung des Wartungsaufwandes mit etwas höheren Wartungskosten und im Verhältnis grösserem Aufwand bei den Induktionsgeräten gerechnet. Aufgrund der Lebensdauer der Systeme (Brüstungsgeräte 15 Jahre, Leitungsnetz 40 Jahre bei beiden Varianten gleich) werden bei den Brüstungsgeräten Instandsetzungskosten im Sinne von Ersatz, bei den Verteilnetzen im Sinne von Reparaturen angenommen. Der Diskontsatz wird mit 4% angenommen (Annahme von Ernst Basler & Partner AG). In der Grundvariante („Annahmen Ernst Basler & Partner AG“) wird auf die Betriebskosten eine Teuerungsrate von 0.4346 % gerechnet und für die Baupreise der Instandsetzungen wird eine reale Preiserhöhung von 1.1478% angenommen.

Da in den nachstehenden Berechnungen eine Lebenszykluskostenbetrachtung auf 50 Jahre vorgenommen wird, werden folgende weitere Annahmen getroffen:

Die Brüstungsgeräte (Fan Coils und Induktionsgeräte) werden im Berechnungstool alle 16 Jahre ersetzt (Ersatz nur zweimal in 50 Jahren, im Jahr 16 und im Jahr 32; ergibt eine bessere Verteilung auf 50 Jahre). Für die Instandsetzungskosten werden die Investitionskosten der Endgeräte mit Faktor 1.2 multipliziert (Zuschlag für Abbruch und Entsorgung der alten Geräte). Für die Instandsetzung des Verteilnetzes (Lebensdauer 40 Jahre) wird ein Intervall von 20 Jahren (bei Alter 20 und 40 Jahren) mit Kostenfolgen von jeweils 50% der ursprünglichen Investitionskosten angenommen.

Die im Kalkulationstool einzugebenden Parameter können aus folgender Aufstellung der beiden Varianten entnommen werden (rot markiert). Die Berechnung und die Resultate sind im Anhang 7 dargestellt.

Kriterium	Variante 1 Fan Coil (Konzept EBP; 2-Leiter)	Variante 2 Modernes Induktionsgerät (z.B. Ecopac; 4-Leiter)
Systemgrenzen <i>Betrachtet wird ein Geschoss mit 33 entlang 2 Fassaden platzierten Brüstungsgeräten inkl. Stockwerksverteilung. Die Steigzonen sind im 4-Leitersystem ausgeführt, die Stockwerksverteilung bei der Fan Coil Variante als 2-Leitersystem, bei der Induktionsgerätevariante als 4-Leitersystem.</i>		
Technisch		
Frischluftversorgung	Kann sowohl über das Fan Coil als auch losgelöst davon realisiert werden	Muss zwingend über das Induktionsgerät erfolgen
Luftauslass	Luft wird mittels Ventilator durch Wärmetauscher gedrückt und über Luftspalt entlang der Fenster in den Raum geblasen	Primärluft wird mit Düsen eingeblasen und induziert, welche durch den Wärmetauscher gesogen wird (Induktionsverhältnis ca. 1/3)
Heizen	Unabhängig des Betriebs der Lüftung möglich	Nur möglich wenn Lüftung in Betrieb
Kühlen	Unabhängig des Betriebs der Lüftung möglich	Nur möglich wenn Lüftung in Betrieb
Temperaturregelung	Temperatur wird über Thermostat mittels EIN- AUS- schalten des Ventilators geregelt	Temperatur wird über wasserseitige Regelventile geregelt (je in Kalt- und Warmwasser oder als Change-Over möglich)
Fassadenabhängiges Heizen / Kühlen	Nur möglich wenn Steigzonen als 4-Leiter realisiert	Möglich
Wasserseitige Regulierung	Wärmetauscher wird konstant mit Warm- oder Kaltwasser durchströmt. Keine Wasserseitige Regulierung benötigt.	4-Leiter Regulierventil am Brüstungsgerät (oder 2 Regulierventile)
Luftseitige Regulierung	EIN- AUS- schalten des Ventilators	Regelung des Induktionsverhältnisses mittels Luftregulierklappe am Wärmetauscher
Wartung / Unterhalt		
Eingesetzte Ventilatoren in den Brüstungsgeräten	High-End Ventilatoren mit sparsamen Gleichstrommotoren.	-
Garantierte Lebensdauer der Ventilatoren (min. 95%)	100'000 h	-
Verschmutzung Wärmetauscher	Verschmutzung durch die durchströmende Luft	Durch die doppelt so lange Durchströmung des Wärmetauschers wird dieser mehr verschmutzt
Luftansaugung	Die Luftansaugung kann frei gewählt werden und muss nicht in Bodennähe platziert werden.	Fest platziert. Meist im unteren Bereich.
Energie		
<i>Der relative Vergleich basiert auf einigen vereinfachenden Annahmen und einer Brüstungseinheit mit 50m³/h Primärluft und 150m³/h Umluft (induziert oder mit Ventilator) und dient zum grundsätzlichen Vergleich bezüglich Energieaufwand der beiden Systeme. Es wird von identischer Kälte/Wärmeleistung ausgegangen. Stromverbräuche für die Regulierung (insb. Stellantriebe der Induktionsanlage) werden nicht berücksichtigt.</i>		
Zusätzliche Druckverlust Lüftungsanlage (während Lüftungsbedarf)	-	60 Pa (bei ca. 50 m ³ /h Primärluft)
Zusätzliche Ventilatorenleistung (während Lüftungsbedarf)	-	1.3 W (bei ca. 65% Wirkungsgrad Ventilator + Motor)
Betriebszeit (während Lüftungsbedarf)	-	2'500 h/a
Stromverbrauch (während Lüftungsbedarf)	-	3'250 Wh/a
Zusätzlicher Druckverlust (ohne Lüftungsbedarf)	-	800 Pa
Zusätzliche Ventilatorenleistung (ohne Lüftungsbedarf)	-	17.1 W (bei ca. 65% Wirkungsgrad Ventilator + Motor)
Betriebszeit (ohne Lüftungsbedarf)	-	2'500 h/a
Stromverbrauch (ohne Lüftungsbedarf)	-	42'735 Wh/a
Ventilatorenleistung Brüstungsgerät (von Lüftung unabhängig)	2.5 W (bei 150 m ³ /h garantiert und nachgemessen)	-
Betriebszeit Ventilator Brüstungsgerät	2'500 h/a	-
Stromverbrauch Ventilator Brüstungsgerät	6'250 Wh/a	-
Gesamter Stromverbrauch (pro Gerät)	6'250 Wh/a	45'985 Wh/a
Gesamter Stromverbrauch (33 Geräte)	206'250 Wh/a	1'517'505 Wh/a
Kosten		
<i>Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit wird von einem Kalkulationszinssatz von 4% ausgegangen.</i>		
Investitionskosten Geräte (33 Stk.)	CHF 66'000	CHF 57'750
Investitionskosten Leitungsnetz	CHF 8'280	CHF 12'880
Investitionskosten Total	CHF 74'280	CHF 70'630
Kapitalkosten Geräte (15 a)	CHF 5'936	CHF 5'194
Kapitalkosten Leitungsnetz (40 a)	CHF 418	CHF 651
Energiekosten (CHF 150.-/MWh Strom)	CHF 31	CHF 228
Teile mit Wartungsaufwand	Ventilatoren in Brüstungsgerät	4-Leiter Ventile an Brüstungsgeräten, Regulierklappe im Brüstungsgerät
Wartungskosten	CHF 1'857 (2,5% der Investition)	CHF 2'119 (3,0% der Investition)
Total Jahreskosten	CHF 8'495	CHF 8'505

Quelle: Ernst Basler & Partner AG, Bankumbau in Zürich, Heinz Richter

Tabelle 14: Technischer Variantenvergleich Brüstungsgeräte zur Raumklimatisierung: Fan Coil und Modernes Induktionsgerät inkl. Eingabeparameter für Lebenszykluskostenberechnung

Unter der Annahme der genannten Parameter ergibt der Variantenvergleich „Annahmen Ernst Basler & Partner AG“ folgendes Resultat:

Lebenszykluskosten Fan Coil auf 50 Jahre in CHF:	204'011.--
Lebenszykluskosten Induktionsgerät auf 50 Jahre in CHF:	<u>202'744.--</u>
Minderkosten der Variante Induktionsgerät in CHF:	1'267.--

Die Lebenszykluskosten liegen bei der Variante Induktionsgerät um 0,62% tiefer als bei der Variante Fan Coil. Diese kleine Abweichung kann nicht als Basis für einen Investitionsentscheid herbeigezogen werden. Dazu sind die Eingabeparameter zu ungenau und basieren in verschiedenen Punkten auf Annahmen. Die von Ernst Basler & Partner AG erstellte Berechnung der Annuität (letzte Zeile von Tabelle 14) ergibt ebenfalls ein aus wirtschaftlicher Sicht knappes Resultat, jedoch zu Gunsten der Variante Fan Coil. Dies bedingt dadurch, dass in der aufgestellten Lebenszykluskostenberechnung auf 50 Jahre die Ersatzinvestitionen nicht nur mit dem Komponentenpreis eingesetzt werden, sondern die Abbruch- und Entsorgungskosten der Endgeräte mit einem Aufschlag von 20% in den Ersatzbeschaffungskosten berücksichtigt werden. Die bei der Variante Fan Coil höher liegenden Abbruch- und Entsorgungskosten sind für die Preisdifferenz verantwortlich. Wird der genannte Zuschlag nicht gerechnet ist die Variante Fan Coil gegenüber den Induktionsgeräten leicht die leicht günstigere (0,23%).

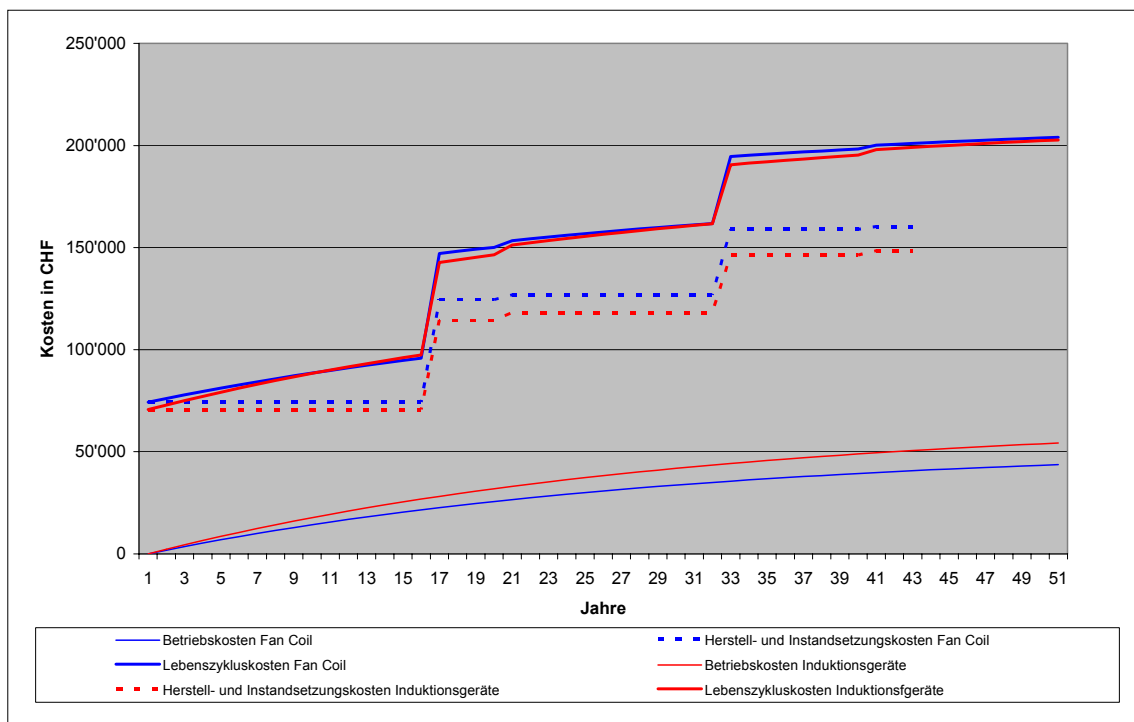


Abbildung 16: Vergleich der Lebenszykluskosten Raumklimatisierung: Brüstungsgeräte Fan Coil / Induktionsgerät; Berechnung „Annahmen Ernst Basler & Partner AG“

Durch die Änderung von Eingabeparametern werden zwei weitere Szenarien geprüft.

Die Wartungskosten sind, wie bereits beschrieben, bei der Variante Induktionsgerät höher. In der vorgängigen Berechnung wurde dies jedoch sehr rudimentär, durch einen prozentualen Aufschlag auf die Investitionskosten, berücksichtigt. Es wird nun die Annahme getroffen, dass die Wartungskosten, aufgrund der doppelt durchstömten Luftmenge auch doppelt so hoch sind. Die Kosten für den technischen Betrieb (Bedienung/Regulierung) sind bei beiden Varianten gleich hoch und können deshalb vernachlässigt werden.

Berechnung der Wartungs- und Inspektionskosten:

Fan Coil:	Inspektion pro Gerät	15 Min.	1 x pro Jahr	=	15 Min.
	Wartung pro Gerät	30 Min.	1 x pro Jahr	=	<u>30 Min.</u>
	Wartung und Inspektion pro Gerät und Jahr			=	45 Min.
	Kosten alle 33 Geräte/Jahr:	0,75h x CHF 95.-- x 33 Stk.		=	CHF 2'351.--
Induktion:	Inspektion pro Gerät	15 Min.	1 x pro Jahr	=	15 Min.
	Wartung pro Gerät	30 Min.	2 x pro Jahr	=	<u>60 Min.</u>
	Wartung und Inspektion pro Gerät und Jahr			=	75 Min.
	Kosten alle 33 Geräte/Jahr:	1,25h x CHF 95.-- x 33 Stk.		=	CHF 3'919.--

Die höheren Wartungskosten der Lüftungsanlage bei der Variante Induktionsgerät wurden hierbei noch nicht berücksichtigt.

Unter der Annahme der geänderten Parameter ergibt der Variantenvergleich „Erhöhter Wartungsaufwand Induktionsgerät“ folgendes Resultat:

Lebenszykluskosten Fan Coil auf 50 Jahre in CHF:	215'450.--
Lebenszykluskosten Induktionsgerät auf 50 Jahre in CHF:	<u>244'399.--</u>
Minderkosten der Fan Coil in CHF:	28'949.--

Die Lebenszykluskosten liegen nun bei der Variante Fan Coil um 11,84% tiefer als bei der Variante Induktionsgerät. Die erhöhten Wartungskosten der Induktionsgeräte führen zu einer massgebenden Kostendifferenz. Auch hier wurden für die Wartungsaufwendungen wieder Annahmen getroffen, die es vor einer Investitionsentscheidung zu verifizieren gilt.

Die Berechnung und die Resultate dieser Variante sind im Anhang 8 ersichtlich. Nachstehend die graphische Darstellung, in welcher die klassischen Auswirkungen von höheren Betriebskosten ersichtlich sind.

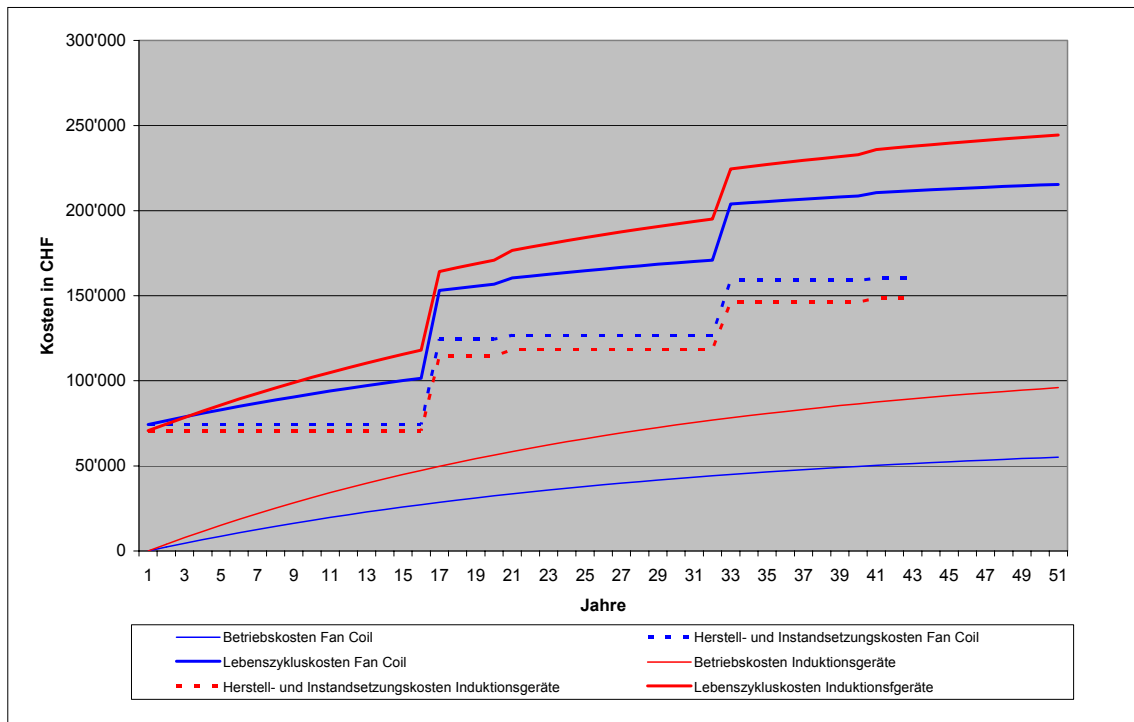


Abbildung 17: Vergleich der Lebenszykluskosten Raumklimatisierung: Brüstungsgeräte Fan Coil / Induktionsgerät; Berechnung „Erhöhter Wartungsaufwand Induktionsgerät“

In einem weiteren Szenario wird überprüft, ob eine Preissteigerung der Energiepreise (Strom) in diesem Variantenvergleich relevant ist.

In der folgenden Berechnung wird mit dem doppelten Strompreis gerechnet.

Jährliche Stromkosten Variante Fan Coil:	2 x CHF 31.-- = CHF 62.--
Jährliche Stromkosten Variante Induktion:	2 x CHF 228.-- = CHF 456.--

Unter der Annahme der geänderten Parameter ergibt der Variantenvergleich „doppelter Strompreis“ folgendes Resultat:

Lebenszykluskosten Fan Coil auf 50 Jahre in CHF:	204'729.--
Lebenszykluskosten Induktionsgerät auf 50 Jahre in CHF:	<u>208'021.--</u>
Minderkosten der Fan Coil in CHF:	3'292.--

Die Lebenszykluskosten liegen bei der Variante Fan Coil um 1,61% tiefer als bei der Variante Induktionsgerät. Dies bei einer aus heutiger Sicht eher unrealistischen Entwicklung des Strompreises. Anhand dieses Resultats wird deutlich, dass in diesem Berechnungsbeispiel die Energiepreise nicht relevant sind. Obwohl die Variante mit Induktionsgeräten die 7-fache Strommenge benötigt, ist hier die Energie eine zu geringe Einflussgrösse um eine Entscheidungsgrundlage zu bieten.

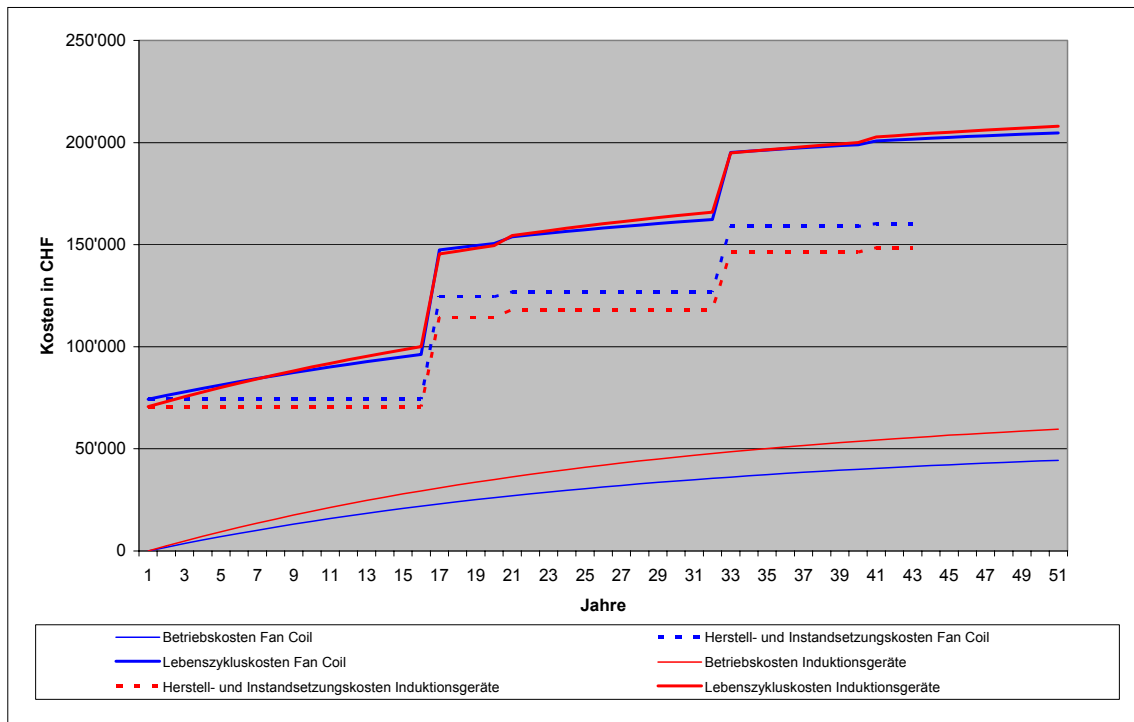


Abbildung 18: Vergleich der Lebenszykluskosten Raumklimatisierung: Brüstungsgeräte Fan Coil / Induktionsgerät; Berechnung „doppelter Strompreis“

Aufgrund der dargelegten Berechnungen (vgl. Anhang 9) zeigt dieses Beispiel deutlich auf, dass die reine Wirtschaftlichkeitsrechnung nicht immer eine eindeutige Handlungsanweisung geben kann. Berücksichtigt man die Resultate der Berechnungen sprechen diese tendenziell für die Variante Fan Coil. Es gilt zusätzlich zu berücksichtigen, dass bei einem Einsatz von Fan Coils die Beheizung auf tieferem resp. die benötigte Kühlwassertemperatur auf höherem Niveau als bei Induktionsgeräten möglich ist. Dies begünstigt eine Variante Fan Coil aus Nachhaltigkeitsüberlegungen, um allenfalls einen künftigen Einsatz erneuerbarer Energieträger im Gebäude umsetzen zu können.¹⁶⁹

Dieses Beispiel Fan Coil/Induktionsgerät ist kein geeignetes Beispiel zur Berechnung von Lebenszykluskosten, da der massgebliche Betriebskostenanteil aus den Wartungs- und Inspektionskosten besteht. Wie schon in Kap. 4.2.3 beschrieben, sind diese Kosten sehr objektspezifisch. Benchmarks sind kaum verfügbar und schwierig anwendbar. Um auf dieser Berechnungsbasis einen Entscheid fällen zu können, sind die Annahmen des Wartungsaufwandes (bei Variante „Erhöhter Wartungsaufwand Induktionsgerät“) daher gut zu überprüfen und zu hinterfragen. An diesem Beispiel wird deutlich, dass die in Kap. 8.2 angesprochene Verfügbarkeit von Nutzungskostendaten, eine wesentliche Komponente für die künftige Durchsetzung solcher Berechnungsmodelle darstellt.

¹⁶⁹ Vgl. Interview vom 10.05.2007 mit Heinz, Richter

10 Schlussbemerkungen und Ausblick

Das Ziel dieser Arbeit ist einerseits ein praxisgerechtes Modell zu entwickeln, in welchem die Zusammenhänge von Investitions- und Betriebskosten, im Sinne einer Life-Cycle-Betrachtung, berechnet werden können und andererseits einen Beitrag zur Sensibilisierung der Thematik Lebenszykluskosten zu schaffen um so der Diskrepanz zwischen den unterschiedlichen Interessen der Verantwortlichen für Bau und Betrieb eines Gebäudes entgegenzuwirken.

Der weitaus grösste Anteil der Lebenszykluskosten einer Immobilie fällt in deren Nutzungsphase an. Die Beeinflussung dieser Nutzungskosten ist jedoch während der Nutzungsphase selbst kaum mehr möglich. Die wirtschaftlich relevanten Entscheidungen müssen deshalb während der Projektinitiierungs- und der Planungsphase gefällt werden. Aufgrund dieser Tatsache werden sämtliche Bauvorhaben, bei welchen diese notwendige Gesamtbetrachtung nicht angestellt wird, meist mit zu hohen Nutzungskosten betrieben. Für einen Investor ist die Gesamtsicht absolut entscheidend, wird doch bei der Bewertung von Geschäftsliegenschaften in der Schweiz meist die DCF-Methode angewendet und dadurch der Wert der Immobilie ausschliesslich durch den Netto-Cashflow bestimmt. Je tiefer also die Nutzungskosten, desto höher ist der Netto-Cashflow und dadurch der Wert der Immobilie.

Die bezüglich Volumen massgeblichen Nutzungskosten sind die Betriebskosten. Hier stehen insbesondere die drei Kostengruppen „Ver- und Entsorgung“, „Reinigung und Pflege“ und „Bedienung, Inspektion und Wartung“ als kostentreibende Bereiche im Vordergrund. In diesen Bereichen liegt auch das grosse Einsparpotential, welches jedoch nur mit einer, entsprechend auf diese Betriebskosten ausgerichteten Bauwerkserstellung ausgeschöpft werden kann. Dies setzt voraus, dass die Zusammenhänge zwischen den Investitionskosten und den, je nach Ausführungsart entstehenden, Betriebskosten erkannt werden und die entsprechenden Auswirkungen einer Baumassnahme auf die Betriebskosten aufgezeigt werden können. Solche Zusammenhänge werden in dieser Arbeit, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, aufgezeigt. Um Entscheidungen bezüglich Ausführungsart fällen zu können, müssen die finanziellen Auswirkungen auf die Nutzungskosten aufgezeigt werden. Allfällige Mehrinvestitionen müssen sich in der Nutzungsphase bezahlt machen, damit von einer Optimierung der Lebenszykluskosten gesprochen werden darf.

Zu diesem Zweck muss eine Methode oder ein Berechnungsverfahren zu Hilfe gezogen werden. Für den wirtschaftlichen Vergleich von Projektvarianten, der schon in der frühen Planungsphase einer Immobilie zu nachhaltigen Investitionsentscheidungen führt,

müssen alle massgebenden, ausgabewirksamen Aspekte der verschiedenen Phasen des Lebenszyklus berücksichtigt werden. Es sind dies die Investitionen der Herstellungskosten und die Aufwände der Nutzungskosten, bestehend aus den relevanten Bestandteilen der Instandsetzungs- und der Betriebskosten. Ein Modell oder Berechnungstool zur Darlegung von Lebenszykluskosten kann einem Investor oder Projektentwickler keine Entscheidungen abnehmen. Überlegungen und Prognosen bezüglich möglicher künftiger Veränderungen von Rahmenbedingungen sind und bleiben Aufgabe des Investors und müssen im Sinne von Sensitivitätsberechnungen in einem solchen Tool ausgelotet werden. Die aus einem Berechnungsmodell entwickelten Resultate sind nur so viel Wert, wie die getroffenen Annahmen der Eingabeparameter. Der Nutzen eines solchen Modells liegt darin, dass die in der Praxis häufig nicht fundierten und nicht belegbaren Empfehlungen zur Lebenszykluskostenoptimierung, welche in ihrem Einfluss auf die Bauausführung vielfach zusätzliche Investitionskosten verursachen, keine Glaubensfrage bleiben, sondern nachvollziehbar und transparent eine konkrete Entscheidungsgrundlage bieten. Unter Anwendung des in dieser Arbeit entwickelten Berechnungsverfahrens, können nachhaltigere Entscheidungen bezüglich einer lebenszyklusorientierten Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gefällt werden. Damit wird dem deutlichen Bruch zwischen den Interessen der Bauträger und Nutzer entgegengewirkt.

Die Relevanz der Lebenszykluskosten zur Fällung von Investitionsentscheidungen ist einem grossen Teil der Immobilienfachleute bekannt. Die genaue Ermittlung dieser Kosten, unter Anwendung eines Berechnungsverfahrens, ist jedoch erstaunlicherweise kaum verbreitet. Die Gründe dafür mögen einerseits der geringe Bekanntheitsgrad der vorhandenen Modelle sein, andererseits könnte das fehlende Datenmaterial von Nutzungskosten die Anwendung hindern. Eine einfache Handhabung eines Verfahrens und die für den Anwender mögliche Nachvollziehbarkeit und Transparenz der Resultate, ist Grundvoraussetzung für die Akzeptanz und Nutzung eines Berechnungstools in der Praxis.

Wie in dieser Arbeit deutlich aufgezeigt wird, sind die Nutzungskosten der ungleich viel grössere Kostentreiber im Lebenszyklus einer Immobilie als die Baukosten. Dass für die Phase Planung und Bau eine äusserst hohe Verfügbarkeit an Kostendaten besteht, im Bereich der Nutzungskosten jedoch bis heute keine öffentlich zugänglichen Daten verfügbar sind, ist bezeichnend für die genannte Diskrepanz zwischen den Interessen der Bauwerksteller und -Betreiber. Die Erkenntnis der wahren Kostentreiber müsste jedoch Veranlassung genug sein, das notwendige Datenmaterial im Bereich der Nutzungskosten verfügbar zu machen. Bleibt zu hoffen, dass die Sensibilisierung für die Thematik der Lebenszykluskosten einen Beitrag zur Verwirklichung dieser Notwendigkeit leistet.

Dank des Durchbruchs der DCF-Bewertungsmethode ist die zuverlässige Vorhersage von Lebenszykluskosten ein Bedürfnis des Immobilienmarktes, welches zunehmend an Bedeutung gewinnt. Innovative Projektentwickler, die sich diesem Bedürfnis stellen und Lebenszykluskostenbetrachtungen in ihre Projektkostenbeurteilung integrieren, können sich gegenüber ihren Mitbewerbern besser positionieren.

Anhang

Im Anhang sind die im Kap. 9 Anwendungsbeispiele beschriebenen, detaillierten Berechnungen dokumentiert.

Anhang 1:	Berechnung der Lebenszykluskosten auf 50 Jahre.....	89
	Beispiel Bodenbeläge: Vergleich Nadelvlies (Teppich) mit Granitbelag „Grundvariante“	
Anhang 2:	Berechnung der Lebenszykluskosten auf 50 Jahre.....	90
	Beispiel Bodenbeläge: Vergleich Nadelvlies (Teppich) mit Granitbelag Variante: „zu Gunsten Granit“	
Anhang 3:	Berechnung der Lebenszykluskosten auf 50 Jahre.....	91
	Beispiel Bodenbeläge: Vergleich Nadelvlies (Teppich) mit Granitbelag Variante: „zu Gunsten Nadelvlies“	
Anhang 4:	Berechnung der Lebenszykluskosten auf 100 Jahre.....	92
	Beispiel Bodenbeläge: Vergleich Fliesen, Teppich und Laminat Gesamtberechnung	
Anhang 4.1:	Berechnung der Lebenszykluskosten auf 100 Jahre.....	93
	Beispiel Bodenbeläge: Teil Fliesen	
Anhang 4.2:	Berechnung der Lebenszykluskosten auf 100 Jahre.....	94
	Beispiel Bodenbeläge: Teil Teppich	
Anhang 4.3:	Berechnung der Lebenszykluskosten auf 100 Jahre.....	95
	Beispiel Bodenbeläge: Teil Laminat	
Anhang 5:	Berechnung der Lebenszykluskosten auf 50 Jahre.....	96
	Beispiel Wärmeerzeugung: Vergleich Fernwärme mit „Low-Exergie“ Variante: „moderate Energiepreisteigerung von 0.4346%“	
Anhang 6:	Berechnung der Lebenszykluskosten auf 50 Jahre.....	97
	Beispiel Wärmeerzeugung: Vergleich Fernwärme mit „Low-Exergie“ Variante: „hohe Energiepreisteigerung bei Fernwärme von 3.0%“	
Anhang 7:	Berechnung der Lebenszykluskosten auf 50 Jahre.....	98
	Beispiel Raumklimatisierung: Vergleich Brüstungsgeräte Fan Coil mit Induktionsgerät; Variante: „Annahmen Ernst Basler & Partner AG“	

Anhang 8:	Berechnung der Lebenszykluskosten auf 50 Jahre.....	99
	Beispiel Raumklimatisierung: Vergleich Brüstungsgeräte Fan Coil mit Induktionsgerät; Variante: „Erhöhter Wartungsaufwand Induktionsgerät“	
Anhang 9:	Berechnung der Lebenszykluskosten auf 50 Jahre.....	100
	Beispiel Raumklimatisierung: Vergleich Brüstungsgeräte Fan Coil mit Induktionsgerät; Variante: „doppelter Strompreis“	
Anhang 10:	Interview vom 10.05.2007 mit Heinz, Richter.....	101
Anhang 11:	Interview vom 11.05.2007 mit Werner, Achermann.....	102
Anhang 12:	Interview vom 10.06.2007 mit Daniel, Berti.....	103

Berechnung der Lebenszykluskosten auf 50 Jahre – Beispiel Bodenbeläge: Vergleich Nadelvlies (Teppich) mit Granitbelag

Anhang 1

„Grundvariante“

Lebensdauer 50 Jahre Kosten in CHF/m2										Lebensdauer 50 Jahre Kosten in CHF/m2																			
Bau teil 1: Nadelvlies			Diskontsatz: 5.00%			Teuerung Bau: 1.1478%			Teuerung Betrieb: 0.4346%			Inflation gem. LIK --> kein Zuschlag			Bau teil 2: Granitbelag			Diskontsatz: 5.00%			Teuerung Bau: 1.1478%			Teuerung Betrieb: 0.4346%			Eingabefeld		
Erstellungskosten	Instandsetzungskosten										Erstellungskosten	Instandsetzungskosten																	
	Lebensdauer 50 Jahre, bei Alter von 47 Jahren wird nochmals investiert											Lebensdauer 50 Jahre, bei Alter von 47 Jahren wird nochmals investiert																	
Investitionskosten Erstellung (t°)	Anzahl Instandsetzungen	Instandsetzung 1		Instandsetzung 2		Instandsetzung 3		Betriebskosten Eingabe Kosten/m2 und Jahr				Mehrertrag Variante: Granitbelag Eingabe Mehrertrag/m2 und Jahr				Investitionskosten Erstellung (t°)	Anzahl Instandsetzungen	Instandsetzungsmassnahme 1		Instandsetzungsmassnahme 2		Instandsetzungsmassnahme 3		Betriebskosten Eingabe Kosten/m2 und Jahr					
		Intervall (Jahre)	Investitionskosten	Intervall (Jahre)	Investitionskosten	Intervall (Jahre)	Investitionskosten	Jahre	Betriebskosten	Betriebskosten abgezinst	Kumulierte Betriebskosten	Jahre	Mehrertrag	Mehrertrag abgezinst	Kumulierter Mehrertrag			Intervall (Jahre)	Investitionskosten	Intervall (Jahre)	Investitionskosten	Intervall (Jahre)	Investitionskosten	Jahre	Betriebskosten	Betriebskosten abgezinst	Kumulierte Betriebskosten		
36.28		7	50.11	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00		25	240.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00			
		Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst	Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst	Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst	1	16.36	15.58	15.58	1	5.00	4.76	4.76			1	9.86	9.39	9.39			1	9.86	9.39			
								2	16.36	14.91	30.49	2	5.00	4.54	9.30			2	9.86	8.98	18.37			2	9.86	8.98			
								3	16.36	14.26	44.75	3	5.00	4.32	13.62			3	9.86	8.59	26.96			3	9.86	8.59			
1	7	38.13	0	0.00	0	0.00	0	0.00	4	16.36	13.64	58.38	4	5.00	4.11	17.73	1	25	93.20	0	0.00	0	0.00	0	0.00	5	9.86	9.22	
2	14	29.35	0	0.00	0	0.00	0	0.00	5	16.36	13.04	71.43	5	5.00	3.92	21.65	2	über 47 Jahre	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	6	9.86	7.86	
3	21	22.60	0	0.00	0	0.00	0	0.00	6	16.36	12.48	83.91	6	5.00	3.73	25.38	3	über 47 Jahre	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	7	9.86	7.52	
4	28	17.39	0	0.00	0	0.00	0	0.00	7	16.36	11.94	95.84	7	5.00	3.55	28.93	4	über 47 Jahre	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	8	9.86	7.19	
5	35	13.39	0	0.00	0	0.00	0	0.00	8	16.36	11.42	107.26	8	5.00	3.38	32.32	5	über 47 Jahre	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	9	9.86	6.88	
6	42	10.31	0	0.00	0	0.00	0	0.00	9	16.36	10.92	118.18	9	5.00	3.22	35.54	6	über 47 Jahre	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	10	9.86	6.58	
7	über 47 J.	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	10	16.36	10.44	128.62	10	5.00	3.07	38.61	7	über 47 Jahre	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	11	9.86	6.29	
8	über 47 J.	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	11	16.36	9.99	138.61	11	5.00	2.92	41.53	8	über 47 Jahre	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	12	9.86	6.02	
9	über 47 J.	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	12	16.36	9.56	148.17	12	5.00	2.78	44.32	9	über 47 Jahre	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	13	9.86	5.76	
10	über 47 J.	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	13	16.36	9.14	157.31	13	5.00	2.65	46.97	10	über 47 Jahre	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	14	9.86	5.51	
11	über 47 J.	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	14	16.36	8.74	166.05	14	5.00	2.53	49.49	11	über 47 Jahre	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	15	9.86	5.27	
12	über 47 J.	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	15	16.36	8.36	174.42	15	5.00	2.41	51.90	12	über 47 Jahre	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	16	9.86	5.04	
		Total pro Massnahme	131.18		0.00		0.00		16	16.36	8.00	182.42	16	5.00	2.29	54.19							0.00		16	9.86	4.82		
								17	16.36	7.65	190.07	17	5.00	2.18	56.37							0.00		17	9.86	4.61			
								18	16.36	7.32	197.39	18	5.00	2.08	58.45							0.00		18	9.86	4.41			
								19	16.36	7.00	204.39	19	5.00	1.98	60.43							0.00		19	9.86	4.22			
								20	16.36	6.70	211.09	20	5.00	1.88	62.31							0.00		20	9.86	4.03			
								21	16.36	6.41	217.49	21	5.00	1.79	64.11							0.00		21	9.86	3.86			
								22	16.36	6.13	223.62	22	5.00	1.71	65.82							0.00		22	9.86	3.69			
								23	16.36	5.86	229.48	23	5.00	1.63	67.44							0.00		23	9.86	3.53			
								24	16.36	5.61	235.08	24	5.00	1.55	68.99							0.00		24	9.86	3.38			
								25	16.36	5.36	240.45	25	5.00	1.48	70.47							0.00		25	9.86	3.23			
								26	16.36	5.13	245.57	26	5.00	1.41	71.88							0.00		26	9.86	3.09			
								27	16.36	4.91	250.48	27	5.00	1.34	73.22							0.00		27	9.86	2.96			
								28	16.36	4.69	255.17	28	5.00	1.28	74.49							0.00		28	9.86	2.83			
								29	16.36	4.49	259.66	29	5.00	1.21	75.71							0.00		29	9.86	2.70			
								30	16.36	4.29	263.95	30	5.00	1.16	76.86							0.00		30	9.86	2.59			
								31	16.36	4.11	268.06	31	5.00	1.10	77.96							0.00		31	9.86	2.47			
								32	16.36	3.93	271.99	32	5.00	1.05	79.01							0.00		32	9.86	2.37			
								33	16.36	3.76	275.75	33	5.00	1.00	80.01							0.00		33	9.86	2.26			
								34	16.36	3.59	279.34	34	5.00	0.95	80.96							0.00		34	9.86	2.17			
								35	16.36	3.44	282.78	35	5.00	0.91	81.87							0.00		35	9.86	2.07			
								36	16.36	3.29	286.07	36	5.00	0.86	82.73							0.00		36	9.86	1.98			
								37	16.36	3.15	289.21	37	5.00	0.82	83.56							0.00		37	9.86	1.90			
								38	16.36	3.01	292.22	38	5.00	0.78	84.34							0.00		38	9.86	1.81			
								39	16.36	2.88	295.10	39	5.00	0.75	85.09							0.00		39	9.86	1.73			
								40	16.36	2.75	297.85	40	5.00	0.71	85.80							0.00		40	9.86	1.66			
								41	16.36	2.63	300.48	41	5.00	0.68	86.47							0.00		41	9.86	1.59			
								42	16.36	2.52	303.00	42	5.00	0.64	87.12							0.00		42	9.86	1.52			
								43	16.36	2.41	305.41	43	5.00	0.61	87.73							0.00		43	9.86	1.45			
								44	16.36	2.30	307.71	44	5.00	0.58	88.31							0.00		44	9.86	1.39			
								45	16.36	2.20	309.92	45	5.00	0.56	88.87							0.00		45	9.86	1.33			
								46	16.36	2.11	312.03	46	5.00	0.53	89.40							0.00		46	9.86	1.27			
								47	16.36	2.02	314.04	47	5.00	0.50	89.91							0.00		47	9.86	1.21			
								48	16.36	1.93	315.97	48	5.00	0.48	90.39							0.00		48	9.86	1.16			
								49	16.36	1.84	317.82	49	5.00	0.46	90.84							0.00		49	9.86	1.11			
								50	16.36	1.76	319.58	50	5.00	0.44	91.28							0.00		50	9.86	1.06			

Lebensdauer 50 Jahre

Bauteil 1:

Nadelvlies

Diskontsatz: 5.00%

Teuerung Bau: 1.1478%

Teuerung Betrieb: 0.0000%

Inflation gem. LIIK --> kein Zuschlag

Lebensdauer 50 Jahre

Kosten in CHF/m2

Erstellungskosten

Lebensdauer 50 Jahre, bei Alter von 47 Jahren wird nochmals investiert

Investitionskosten

Erstellung (t²)

36.28

Instandsetzungskosten

Lebensdauer 50 Jahre, bei Alter von 47 Jahren wird nochmals investiert

Instandsetzung 1

Instandsetzung 2

Instandsetzung 3

Anzahl Instandsetzungen

Intervall (Jahre)

Investitionskosten

Intervall (Jahre)

Investitionskosten

Intervall (Jahre)

Investitionskosten

1

10

50.11

0

0.00

0

0.00

0

0.00

1

16.36

15.58

15.58

2

16.36

14.84

30.42

3

16.36

14.13

44.56

4

16.36

13.46

58.02

5

16.36

12.82

70.84

6

16.36

12.21

83.05

7

16.36

11.63

94.68

8

16.36

11.07

105.75

9

16.36

10.55

116.30

10

16.36

10.05

126.35

11

16.36

9.57

135.91

12

16.36

9.11

145.02

13

16.36

8.68

153.70

14

16.36

8.26

161.97

15

16.36

7.87

169.84

16

16.36

7.50

177.33

17

16.36

7.14

184.47

18

16.36

6.80

191.27

19

16.36

6.48

197.75

20

16.36

6.17

203.91

21

16.36

5.87

209.79

22

16.36

5.59

215.38

23

16.36

5.33

220.71

24

16.36

5.07

225.78

25

16.36

4.83

230.61

26

16.36

4.60

235.21

27

16.36

4.38

239.60

28

16.36

4.17

243.77

29

16.36

3.98

247.75

30

16.36

3.79

251.53

31

16.36

3.61

255.14

32

16.36

3.43

258.57

33

16.36

3.27

261.84

34

16.36

3.11

264.96

35

16.36

2.97

267.92

36

16.36

2.83

270.75

37

16.36

2.69

273.44

38

16.36

2.56

276.00

39

16.36

2.44

278.44

40

16.36

2.32

280.77

41

16.36

2.21

282.98

42

16.36

2.11

285.09

43

16.36

2.01

287.09

44

16.36

1.91

289.01

45

16.36

1.82

290.83

46

16.36

1.73

292.56

47

16.36

1.65

294.21

48

16.36

1.57

295.79

49

16.36

1.50

297.29

50

16.36

1.43

298.71

Betriebskosten

Eingabe Kosten/m2 und Jahr

Jahre

Betriebskosten

Betriebskosten abgezinst

Kumulierte Betriebskosten

1

0.00

0.00

0.00

2

0.00

14.84

30.42

3

0.00

14.13

44.56

4

0.00

13.46

58.02

5

0.00

12.82

70.84

6

0.00

12.21

83.05

7

0.00

11.63

94.68

8

0.00

11.07

105.75

9

0.00

10.55

116.30

10

0.00

10.05

126.35

11

0.00

9.57

135.91

12

0.00

9.11

145.02

13

0.00

8.68

153.70

14

0.00

8.26

161.97

15

0.00

7.87

169.84

16

0.00

7.50

177.33

17

0.00

7.14

184.47

18

0.00

6.80

191.27

19

0.00

6.48

197.75

20

0.00

6.17

203.91

21

0.00

5.87

209.79

22

0.00

5.59

215.38

23

0.00

5.33

220.71

24

0.00

5.07

225.78

25

0.00

4.83

230.61

26

0.00

4.60

235.21

27

0.00

4.38

239.60

28

0.00

4.17

243.77

29

0.00

3.98

247.75

30

0.00

3.79

251.53

31

0.00

3.61

255.14

32

0.00

3.43

258.57

33

0.00

3.27

261.84

34

0.00

3.11

264.96

35

0.00

2.97

267.92

36

0.00

2.83

270.75

37

0.00

2.69

273.44

38

0.00

2.56

276.00

39

0.00

2.44

278.44

40

0.00

2.32

280.77

41

0.00

2.21

282.98

42

0.00

2.11

285.09

43

0.00

2.01

287.09

44

0.00

1.91

289.01

45

0.00

1.82

290.83

46

0.00

1.73

292.56

47

0.00

1.65

294.21

48

0.00

1.57

295.79

49

0.00

1.50

297.29

50

0.00

1.43

298.71

Granitbelag

Eingabe Mehrertrag/m2 und Jahr

Jahre

Mehrertrag

Mehrertrag abgezinst

Kumulierter Mehrertrag

1

5.00

4.76

4.76

2

5.00

4.54

9.30

3

5.00

4.32

13.62

4

5.00

4.11

17.73

5

5.00

3.92

21.65

6

5.00

3.73

25.38

7

5.00

3.55

28.93

8

5.00

3.38

32.32

9

5.00

3.22

35.54

10

5.00

3.07

38.61

11

5.00

2.92

41.53

12

5.00

2.78

44.32

13

5.00

2.65

46.97

14

5.00

2.53

49.49

15

5.00

2.41

51.90

16

5.00

2.29

54.19

17

5.00

2.18

56.37

18

5.00

2.08

58.45

19

5.00

1.98

60.43

20

5.00

1.88

62.31

21

5.00

1.79

64.11

22

5.00

1.71

65.82

23

5.00

1.63

67.44

24

5.00

1.55

68.99

25

5.00

1.48

70.47

26

5.00

1.41

71.88

27

5.00

1.34

73.22

28

5.00

1.28

74.49

29

5.00

1.21

75.71

30

5.00

1.16

76.86

31

5.00

1.10

77.96

32

5.00

1.05

79.01

33

5.00

1.00

80.01

34

5.00

0.95

80.96

35

5.00

0.91

81.87

36

5.00

0.86

82.73

37

5.00

0.82

83.56

38

5.00

0.78

84.34

39

5.00

0.75

85.09

40

5.00

0.71

85.80

41

5.00

0.68

86.47

42

5.00

0.64

87.12

43

5.00

0.61

87.73

44

5.00

0.58

88.31

45

5.00

0.56

88.87

46

5.00

0.53

89.40

47

5.00

0.50

89.91

48

5.00

0.48

90.39

49

5.00

0.46

90.84

50

5.00

0.44

91.28

Erstellungskosten

Lebensdauer 50 Jahre, bei Alter von 47 Jahren wird nochmals investiert

Investitionskosten

Erstellung (t²)

300.00

Instandsetzungskosten

Lebensdauer 50 Jahre, bei Alter von 47 Jahren wird nochmals investiert

Instandsetzungsmassnahme 1

Instandsetzungsmassnahme 2

Instandsetzungsmassnahme 3

Anzahl Instandsetzungen

Intervall (Jahre)

Investitionskosten

Intervall (Jahre)

Investitionskosten

Intervall (Jahre)

Investitionskosten

Intervall (Jahre)

Investitionskosten

25

360.00

0

0.00

0

0.00

0

0.00

1

9.86

9.39

9.39

2

9.86

8.94

18.33

3

9.86

8.52

26.85

4

9.86

8.11

34.96

5

9.86

7.72

42.68

6

9.86

7.36

50.04

7

9.86

7.01

57.05

8

9.86

6.67

63.72

9

9.86

6.36

70.08

10

9.86

6.05

76.13

11

9.86

5.76

81.89

12

9.86

5.49

87.38

13

9.86

5.23

92.61

14

9.86

4.98

97.59

15

9.86

4.74

102.33

16

9.86

4.52

106.85

17

9.86

4.30

111.15

18

9.86

4.10

115.25

19

9.86

3.90

119.15

20

9.86

3.72

122.86

21

9.86

3.54

126.40

22

9.86

3.37

129.77

23

9.86

3.21

132.98

24

9.86

3.06

136.04

25

9.86

2.91

138.95

26

9.86

2.77

141.72

27

9.86

2.64

144.37

28

9.86

2.51

146.88

29

9.86

2.40

149.28

30

9.86

2.28

151.56

31

9.86

2.17

153.73

32

9.86

2.07

155.80

33

9.86

1.97

157.77

34

9.86

1.88

159.65

35

9.86

1.79

161.43

36

9.86

1.70

163.13

37

9.86

1.62

164.76

38

9.86

1.54

166.30

39

9.86

1.47

167.77

40

9.86

1.40

169.17

41

9.86

1.33

170.50

42

9.86

1.27

171.77

43

9.86

1.21

172.98

44

9.86

1.15

174.14

45

9.86

1.10

175.23

46

9.86

1.05

176.28

47

9.86

1.00

177.27

48

9.86

0.95

178.22

49

9.86

0.90

179.12

50

9.86

0.86

179.98

Betriebskosten

Eingabe Kosten/m2 und Jahr

Jahre

Betriebskosten

Betriebskosten abgezinst

Kumulierte Betriebskosten

1

0.00

0.00

0.00

2

0.00

9.86

19.39

3

0.00

9.86

29.25

4

0.00

9.86

39.11

5

0.00

9.86

48.97

6

0.00

9.86

58.83

7

0.00

9.86

68.69

8

0.00

9.86

78.55

9

0.00

9.86

88.41

10

0.00

9.86

98.27

11

0.00

9.86

108.13

12

0.00

9.86

117.99

13

0.00

9.86

127.85

14

0.00

9.86

137.71

15

0.00

9.86

147.57

16

0.00

9.86

157.43

17

0.00

9.86

167.29

18

0.00

9.86

177.15

19

0.00

9.86

187.01

20

0.00

9.86

196.87

21

0.00

9.86

206.73

22

0.00

9.86

216.59

23

0.00

9.86

226.45

24

0.00

9.86

236.31

25

0.00

9.86

246.17

26

0.00

9.86

256.03

27

0.00

9.86

265.89

28

0.00

9.86

275.75

29

0.00

9.86

285.61

30

0.00

9.86

295.47

31

0.00

9.86

305.33

32

0.00

9.86

315.19

33

0.00

9.86

325.05

34

0.00

9.86

334.91

35

0.00

9.86

344.77

36

0.00

9.86

354.63

37

0.00

9.86

364.49

38

0.00

9.86

374.35

39

0.00

9.86

384.21

40

0.00

9.86

394.07

41

0.00

9.86

403.93

42

0.00

9.86

413.79

43

0.00

9.86

423.65

44

0.00

9.86

433.51

45

0.00

9.86

443.37

46

0.00

9.86

453.23

47

0.00

9.86

463.09

48

0.00

9.86

472.95

49

0.00

9.86

482.81

50

0.00

9.86

492.67

Erstellungskosten

Lebensdauer 50 Jahre, bei Alter von 47 Jahren wird nochmals investiert

Investitionskosten

Erstellung (t²)

300.00

Instandsetzungskosten

Lebensdauer 50 Jahre, bei Alter von 47 Jahren wird nochmals investiert

Instandsetzungsmassnahme 1

Instandsetzungsmassnahme 2

Instandsetzungsmassnahme 3

Anzahl Instandsetzungen

Intervall (Jahre)

Investitionskosten

Intervall (Jahre)

Investitionskosten

Intervall (Jahre)

Investitionskosten

25

360.00

0

0.00

0

0.00

0

0.00

1

9.86

9.39

9.39

2

9.86

8.94

18.33

3

9.86

8.52

26.85

4

9.86

8.11

34.96

5

9.86

7.72

42.68

6

9.86

7.36

50.04

7

9.86

7.01

57.05

8

9.86

6.67

63.72

9

9.86

6.36

70.08

10

9.86

6.05

76.13

11

9.86

5.76

81.89

12

9.86

5.49

87.38

13

9.86

5.23

92.61

14

9.86

4.98

97.59

15

9.86

4.74

102.33

16

9.86

4.52

106.85

17

9.86

4.30

111.15

18

9.86

4.10

115.25

19

9.86

3.90

119.15

20

9.86

3.72

122.86

21

9.86

3.54

126.40

22

9.86

3.37

129.77

23

9.86

3.21

132.98

24

9.86

3.06

136.04

25

9.86

2.91

138.95

26

9.86

2.77

141.72

27

9.86

2.64

144.37

28

9.86

2.51

146.88

29

9.86

2.40

149.28

30

9.86

2.28

151.56

31

9.86

2.17

153.73

32

9.86

2.07

155.80

33

9.86

1.97

157.77

34

9.86

1.88

159.65

35

9.86

1.79

161.43

36

9.86

1.70

163.13

37

9.86

1.62

164.76

38

9.86

1.54

166.30

39

9.86

1.47

167.77

40

9.86

1.40

169.17

41

9.86

1.33

170.50

42

9.86

1.27

171.77

43

9.86

1.21

172.98

44

9.86

1.15

174.14

45

9.86

1.10

175.23

46

9.86

1.05

176.28

47

9.86

1.00

177.27

48

9.86

0.95

178.22

49

9.86

0.90

179.12

50

9.86

0.86

179.98

Betriebskosten

Eingabe Kosten/m2 und Jahr

Jahre

Betriebskosten

Betriebskosten abgezinst

Kumulierte Betriebskosten

1

0.00

0.00

0.00

2

0.00

9.86

19.39

3

0.00

9.86

29.25

4

0.00

9.86

39.11

5

0.00

9.86

48.97

6

0.00

9.86

58.83

7

0.00

9.86

68.69

8

0.00

9.86

78.55

9

0.00

9.86

88.41

10

0.00

9.86

98.27

11

0.00

9.86

108.13

12

0.00

9.86

117.99

13

0.00

9.86

127.85</

[illegible]

Berechnung der Lebenszykluskosten auf 100 Jahre

Beispiel Bodenbeläge: **Teil Fliesen**

Anhang 4.1

Lebensdauer 100 Jahre		Bauteil 1: Keramische Fliesen/Mörtelbett		Diskontsatz: 5.50%		in Euro		Eingabefeld			
		Teuerung Bau: 1.8000%				Teuerung Betrieb: 0.4346%					
Erstellungskosten	Instandsetzungskosten						Betriebskosten				
	Lebensdauer 100 Jahre, bei Alter von 92 Jahren wird nochmals investiert	Instandsetzungsmassnahme 1	Instandsetzungsmassnahme 2	Instandsetzungsmassnahme 3							
Investitionskosten Erstellung (t ⁶)	Anzahl Instandsetzungen	Intervall (Jahre)	Investitionskosten	Intervall (Jahre)	Investitionskosten	Intervall (Jahre)	Investitionskosten	Jahre	Betriebskosten	Betriebskosten abgezinst	Kumulierte Betriebskosten
55.80		50	20.46	50	20.00	50	55.80	0	0.00	0.00	0.00
		Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst	Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst	Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst	1	6.16	5.84	5.84
								2	6.16	5.56	11.40
	1	50	3.37	50	3.30	50	9.20	3	6.16	5.29	16.69
	2	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	4	6.16	5.04	21.73
	3	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	5	6.16	4.80	26.53
	4	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	6	6.16	4.57	31.10
	5	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	7	6.16	4.35	35.44
	6	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	8	6.16	4.14	39.58
	7	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	9	6.16	3.94	43.52
	8	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	10	6.16	3.75	47.27
	9	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	11	6.16	3.57	50.85
	10	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	12	6.16	3.40	54.24
	11	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	13	6.16	3.24	57.48
	12	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	14	6.16	3.08	60.56
								15	6.16	2.93	63.49
								16	6.16	2.79	66.29
	Total pro Massnahme		3.37		3.30		9.20	17	6.16	2.66	68.94
								18	6.16	2.53	71.47
	Instandsetzungsmassnahme 1:	Ausbau und Entsorgung der Fliesen inkl. Mörtelbett in 50 Jahren					19	6.16	2.41	73.88	
							20	6.16	2.29	76.18	
	Instandsetzungsmassnahme 2:	Einbau neuer Zementüberzug (Mörtelbett) in 50 Jahren					21	6.16	2.18	78.36	
							22	6.16	2.08	80.44	
							23	6.16	1.98	82.42	
							24	6.16	1.88	84.30	
							25	6.16	1.79	86.09	
	Instandsetzungsmassnahme 3:	Einbau neuer Fliesenbelag (Platten) in 50 Jahren					26	6.16	1.71	87.80	
							27	6.16	1.63	89.43	
							28	6.16	1.55	90.97	
							29	6.16	1.47	92.45	
							30	6.16	1.40	93.85	
							31	6.16	1.33	95.19	
							32	6.16	1.27	96.45	
							33	6.16	1.21	97.66	
							34	6.16	1.15	98.81	
							35	6.16	1.10	99.91	
							36	6.16	1.04	100.95	
							37	6.16	0.99	101.95	
							38	6.16	0.95	102.89	
							39	6.16	0.90	103.79	
							40	6.16	0.86	104.65	
							41	6.16	0.82	105.47	
							42	6.16	0.78	106.24	
							43	6.16	0.74	106.98	
							44	6.16	0.70	107.69	
							45	6.16	0.67	108.36	
							46	6.16	0.64	109.00	
							47	6.16	0.61	109.60	
							48	6.16	0.58	110.18	
							49	6.16	0.55	110.73	
							50	6.16	0.52	111.26	
							51	6.16	0.50	111.75	
							52	6.16	0.47	112.23	
							53	6.16	0.45	112.68	
							54	6.16	0.43	113.11	
							55	6.16	0.41	113.52	
							56	6.16	0.39	113.91	
							57	6.16	0.37	114.28	
							58	6.16	0.35	114.64	
							59	6.16	0.34	114.97	
							60	6.16	0.32	115.29	
							61	6.16	0.31	115.60	
							62	6.16	0.29	115.89	
							63	6.16	0.28	116.17	
							64	6.16	0.26	116.43	
							65	6.16	0.25	116.68	
							66	6.16	0.24	116.92	
							67	6.16	0.23	117.14	
							68	6.16	0.22	117.36	
							69	6.16	0.21	117.57	
							70	6.16	0.20	117.76	
							71	6.16	0.19	117.95	
							72	6.16	0.18	118.13	
							73	6.16	0.17	118.30	
							74	6.16	0.16	118.46	
							75	6.16	0.15	118.61	
							76	6.16	0.15	118.75	
							77	6.16	0.14	118.89	
							78	6.16	0.13	119.03	
							79	6.16	0.13	119.15	
							80	6.16	0.12	119.27	
							81	6.16	0.11	119.39	
							82	6.16	0.11	119.49	
							83	6.16	0.10	119.60	
							84	6.16	0.10	119.70	
							85	6.16	0.09	119.79	
							86	6.16	0.09	119.88	
							87	6.16	0.08	119.96	
							88	6.16	0.08	120.04	
							89	6.16	0.08	120.12	
							90	6.16	0.07	120.19	
							91	6.16	0.07	120.26	
							92	6.16	0.07	120.33	
							93	6.16	0.06	120.39	
							94	6.16	0.06	120.45	
							95	6.16	0.06	120.51	
							96	6.16	0.05	120.57	
							97	6.16	0.05	120.63	
							98	6.16	0.05	120.67	
							99	6.16	0.05	120.71	
							100	6.16	0.04	120.76	
Keramische Fliesen/Mörtelbett											
Total Lifecycle-Kosten auf 100 Jahre CHF/m2		192.42									
Mehr- resp Minderkosten gegenüber Bauteil 2		-91.91 Minderkosten -32.32%									

Investitionskosten Erstellung (t ⁶)	Kosten Instandsetzung 1	Kosten Instandsetzung 2	Kosten Instandsetzung 3	Total Instandsetzung	Betriebskosten
55.80	3.37	3.30	9.20	15.87	120.76
29.00%	1.75%	1.71%	4.78%	8.25%	62.76%

Berechnung der Lebenszykluskosten auf 100 Jahre

Beispiel Bodenbeläge: **Teil Teppich**

Anhang 4.2

Lebensdauer 100 Jahre		Bauteil 2: Teppichboden verklebt		Diskontsatz: 5.50%		in Euro		Eingabefeld			
		Teuerung Bau: 1.8000%		Teuerung Betrieb: 0.4346%							
Erstellungskosten	Instandsetzungskosten						Betriebskosten				
	Instandsetzungsmassnahme 1		Instandsetzungsmassnahme 2		Instandsetzungsmassnahme 3						
Investitionskosten Erstellung (t ⁶)	Anzahl Instand- setzungen	Intervall (Jahre)	Investitions- kosten	Intervall (Jahre)	Investitions- kosten	Intervall (Jahre)	Investitions- kosten	Jahre	Betriebs- kosten	Betriebskosten abgezinst	Kumulierte Betriebskosten
15.69		50	15.57	50	20.00	10	28.38	0	0.00	0.00	0.00
		Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst	Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst	Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst	1	10.23	9.69	9.69
								2	10.23	9.23	18.92
								3	10.23	8.78	27.71
	1	50	2.57	50	3.30	10	19.51	4	10.23	8.36	36.07
	2 über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	20	13.65	5	10.23	7.96	44.03	
	3 über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	30	9.55	6	10.23	7.58	51.61	
	4 über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	40	6.68	7	10.23	7.22	58.83	
	5 über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	50	4.68	8	10.23	6.87	65.69	
	6 über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	60	3.27	9	10.23	6.54	72.23	
	7 über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	70	2.29	10	10.23	6.23	78.46	
	8 über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	80	1.60	11	10.23	5.93	84.39	
	9 über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	90	1.12	12	10.23	5.64	90.03	
	10 über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	13	10.23	5.37	95.40	
	11 über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	14	10.23	5.11	100.51	
	12 über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	15	10.23	4.87	105.38	
	Total pro Massnahme		2.57		3.30		62.36	16	10.23	4.63	110.01
								17	10.23	4.41	114.42
								18	10.23	4.20	118.62
	Instandsetzungsmassnahme 1:	Ausbau und Entsorgung des Mörtelbetts						19	10.23	4.00	122.62
								20	10.23	3.81	126.43
								21	10.23	3.62	130.05
								22	10.23	3.45	133.50
	Instandsetzungsmassnahme 2:	Einbau neuer Zementüberzug (Mörtelbett)						23	10.23	3.28	136.78
								24	10.23	3.13	139.91
								25	10.23	2.98	142.89
								26	10.23	2.83	145.72
	Instandsetzungsmassnahme 3:	Auswechseln (Ausbau, Entsorgung und Neuverlegen) des Teppichs alle 10 Jahre						27	10.23	2.70	148.42
								28	10.23	2.57	150.99
								29	10.23	2.44	153.43
								30	10.23	2.33	155.75
								31	10.23	2.22	157.97
								32	10.23	2.11	160.08
								33	10.23	2.01	162.09
								34	10.23	1.91	164.00
								35	10.23	1.82	165.82
								36	10.23	1.73	167.55
								37	10.23	1.65	169.20
								38	10.23	1.57	170.77
								39	10.23	1.49	172.26
								40	10.23	1.42	173.68
								41	10.23	1.35	175.04
								42	10.23	1.29	176.33
								43	10.23	1.23	177.55
								44	10.23	1.17	178.72
								45	10.23	1.11	179.84
								46	10.23	1.06	180.89
								47	10.23	1.01	181.90
								48	10.23	0.96	182.86
								49	10.23	0.91	183.78
								50	10.23	0.87	184.65
								51	10.23	0.83	185.47
								52	10.23	0.79	186.26
								53	10.23	0.75	187.01
								54	10.23	0.71	187.73
								55	10.23	0.68	188.41
								56	10.23	0.65	189.05
								57	10.23	0.62	189.67
								58	10.23	0.59	190.26
								59	10.23	0.56	190.82
								60	10.23	0.53	191.35
								61	10.23	0.51	191.85
								62	10.23	0.48	192.34
								63	10.23	0.46	192.79
								64	10.23	0.44	193.23
								65	10.23	0.42	193.65
								66	10.23	0.40	194.04
								67	10.23	0.38	194.42
								68	10.23	0.36	194.78
								69	10.23	0.34	195.12
								70	10.23	0.33	195.44
								71	10.23	0.31	195.75
								72	10.23	0.29	196.05
								73	10.23	0.28	196.33
								74	10.23	0.27	196.60
								75	10.23	0.25	196.85
								76	10.23	0.24	197.09
								77	10.23	0.23	197.32
								78	10.23	0.22	197.54
								79	10.23	0.21	197.75
								80	10.23	0.20	197.95
								81	10.23	0.19	198.14
								82	10.23	0.18	198.32
								83	10.23	0.17	198.49
								84	10.23	0.16	198.65
								85	10.23	0.16	198.81
								86	10.23	0.15	198.96
								87	10.23	0.14	199.10
								88	10.23	0.13	199.23
								89	10.23	0.13	199.36
								90	10.23	0.12	199.48
								91	10.23	0.12	199.60
								92	10.23	0.11	199.71
								93	10.23	0.10	199.81
								94	10.23	0.10	199.91
								95	10.23	0.10	200.01
								96	10.23	0.09	200.10
								97	10.23	0.09	200.18
								98	10.23	0.08	200.27
								99	10.23	0.08	200.34
								100	10.23	0.07	200.42
Teppichboden verklebt											
Total Lifecycle-Kosten auf 100 Jahre CHF/m2		284.33									
Mehr- resp Minderkosten gegenüber Bauteil 1:		91.91 Mehrkosten 47.76%									

Investitionskosten Erstellung (t ⁶)
15.69
5.52%

Kosten Instand- setzung 1
2.57
0.90%

Kosten Instand- setzung 2
3.30
1.16%

Kosten Instand- setzung 3
62.36
21.93%

Total Instand- setzung
68.23
23.99%

Betriebs- kosten
200.42
70.49%

Berechnung der Lebenszykluskosten auf 100 Jahre

Beispiel Bodenbeläge: **Teil Laminat**

Anhang 4.3

Lebensdauer 100 Jahre

Bauteil 1: **Laminatfussboden lose verlegt**Diskontsatz: **5.50%**Teuerung Bau: **1.8000%**

in Euro

Eingabefeld

Teuerung Betrieb: **0.4346%**

Erstellungskosten	Instandsetzungskosten							Betriebskosten			
	Lebensdauer 100 Jahre, bei Alter von 92 Jahren wird nochmals investiert	Instandsetzungsmassnahme 1		Instandsetzungsmassnahme 2		Instandsetzungsmassnahme 3		Jahre	Betriebskosten	Betriebskosten abgezinst	Kumulierte Betriebskosten
Investitionskosten Erstellung (t ⁶)	Anzahl Instandsetzungen	Intervall (Jahre)	Investitionskosten	Intervall (Jahre)	Investitionskosten	Intervall (Jahre)	Investitionskosten				
45.99		50	15.57	50	20.00	25	54.36	0	0.00	0.00	0.00
		Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst	Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst	Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst	1	6.85	6.49	6.49
								2	6.85	6.18	12.67
								3	6.85	5.88	18.55
	1	50	2.57	50	3.30	25	21.87	4	6.85	5.60	24.15
	2	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	50	8.96	5	6.85	5.33	29.48
	3	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	75	3.67	6	6.85	5.07	34.55
	4	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	7	6.85	4.83	39.38
	5	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	8	6.85	4.60	43.98
	6	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	9	6.85	4.38	48.36
	7	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	10	6.85	4.17	52.53
	8	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	11	6.85	3.97	56.49
	9	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	12	6.85	3.78	60.27
	10	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	13	6.85	3.60	63.87
	11	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	14	6.85	3.42	67.29
	12	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	über 92 Jahre	0.00	15	6.85	3.26	70.55
								16	6.85	3.10	73.65
								17	6.85	2.95	76.60
								18	6.85	2.81	79.42
								19	6.85	2.68	82.09
								20	6.85	2.55	84.64
								21	6.85	2.43	87.07
								22	6.85	2.31	89.38
								23	6.85	2.20	91.57
								24	6.85	2.09	93.67
								25	6.85	1.99	95.66
								26	6.85	1.90	97.56
								27	6.85	1.81	99.36
								28	6.85	1.72	101.08
								29	6.85	1.64	102.72
								30	6.85	1.56	104.27
								31	6.85	1.48	105.76
								32	6.85	1.41	107.17
								33	6.85	1.34	108.51
								34	6.85	1.28	109.79
								35	6.85	1.22	111.01
								36	6.85	1.16	112.17
								37	6.85	1.10	113.27
								38	6.85	1.05	114.33
								39	6.85	1.00	115.33
								40	6.85	0.95	116.28
								41	6.85	0.91	117.18
								42	6.85	0.86	118.05
								43	6.85	0.82	118.87
								44	6.85	0.78	119.65
								45	6.85	0.74	120.40
								46	6.85	0.71	121.11
								47	6.85	0.67	121.78
								48	6.85	0.64	122.42
								49	6.85	0.61	123.03
								50	6.85	0.58	123.62
								51	6.85	0.55	124.17
								52	6.85	0.53	124.70
								53	6.85	0.50	125.20
								54	6.85	0.48	125.68
								55	6.85	0.46	126.13
								56	6.85	0.43	126.57
								57	6.85	0.41	126.98
								58	6.85	0.39	127.37
								59	6.85	0.37	127.75
								60	6.85	0.36	128.10
								61	6.85	0.34	128.44
								62	6.85	0.32	128.77
								63	6.85	0.31	129.07
								64	6.85	0.29	129.36
								65	6.85	0.28	129.64
								66	6.85	0.26	129.91
								67	6.85	0.25	130.16
								68	6.85	0.24	130.40
								69	6.85	0.23	130.63
								70	6.85	0.22	130.85
								71	6.85	0.21	131.05
								72	6.85	0.20	131.25
								73	6.85	0.19	131.44
								74	6.85	0.18	131.62
								75	6.85	0.17	131.79
								76	6.85	0.16	131.95
								77	6.85	0.15	132.10
								78	6.85	0.15	132.25
								79	6.85	0.14	132.39
								80	6.85	0.13	132.52
								81	6.85	0.13	132.65
								82	6.85	0.12	132.77
								83	6.85	0.11	132.89
								84	6.85	0.11	133.00
								85	6.85	0.10	133.10
								86	6.85	0.10	133.20
								87	6.85	0.09	133.29
								88	6.85	0.09	133.38
								89	6.85	0.09	133.47
								90	6.85	0.08	133.55
								91	6.85	0.08	133.63
								92	6.85	0.07	133.70
								93	6.85	0.07	133.77
								94	6.85	0.07	133.84
								95	6.85	0.06	133.90
								96	6.85	0.06	133.96
								97	6.85	0.06	134.02
								98	6.85	0.05	134.07
								99	6.85	0.05	134.13
								100	6.85	0.05	134.18

Laminatfussboden lose verlegt

Total Lifecycle-Kosten auf 100 Jahre CHF/m2 **220.53**Mehr- resp Minderkosten gegenüber Bauteil 1 **28.11** Mehrkosten **14.61%**

Investitionskosten Erstellung (t ⁶)
45.99
20.85%

Kosten Instandsetzung 1
2.57
1.16%

Kosten Instandsetzung 2
3.30
1.49%

Kosten Instandsetzung 3
34.50
15.65%

Total Instandsetzung
40.37
18.30%

Betriebskosten
134.18
60.84%

Berechnung der Lebenszykluskosten auf 50 Jahre – Beispiel Wärmeerzeugung: Vergleich Fernwärme mit „Low-Exergie“

Anhang 5

Variante: „moderate Energiepreissteigerung von 0.4346%“

Lebensdauer 50 Jahre										Lebensdauer 50 Jahre										Lebensdauer 50 Jahre										Lebensdauer 50 Jahre																			
Kosten in CHF										Kosten in CHF										Kosten in CHF										Kosten in CHF																			
Bauteil 1: Fernwärme										Diskontsatz: 5.00%										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%																			
Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag																			
Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Inflation Bau: 1.1478%										Inflation Betrieb: 0.4346%									
Inflation Betrieb: 0.4346%										Inflation gem																																							

Berechnung der Lebenszykluskosten auf 50 Jahre – Beispiel Wärmeherzeugung: Vergleich Fernwärme mit „Low-Exergie“

Variante: „hohe Energiepreissteigerung bei Energieträger Fernwärme von 3.0%“

Anhang 6

Lebensdauer 50 Jahre Kosten in CHF										Bau teil 1: Fernwärme		Diskontsatz: 5.00% Inflation Bau: 1.1478%		Inflation Betrieb: 3.0000%		Inflation gem. LUK -> kein Zuschlag		Eingabefeld Lebensdauer 50 Jahre Kosten in CHF		Bau teil 2: Lox-Ex.		Diskontsatz: 5.00% Inflation Bau: 1.1478%		Inflation Betrieb: 0.4346%		Eingabefeld							
Erstellungskosten		Instandsetzungskosten						Betriebskosten						Mehrertrag Variante: Fernwärme						Erstellungskosten		Instandsetzungskosten						Betriebskosten					
		Lebensdauer 50 Jahre, bei Alter von 47 Jahren wird nochmals investiert						Eingabe Kosten/1 Jahr						Eingabe Mehrertrag/ Jahr								Lebensdauer 50 Jahre, bei Alter von 47 Jahren wird nochmals investiert						Eingabe Kosten/m2 und Jahr					
Investitionskosten Erstellung (t²)		Anzahl Instandsetzungen	Intervall (Jahre)	Investitionskosten	Intervall (Jahre)	Investitionskosten	Intervall (Jahre)	Investitionskosten	Jahre	Betriebskosten	Betriebskosten abgezinst	Kumulierte Betriebskosten	Jahre	Mehrertrag	Mehrertrag abgezinst	Kumulierter Mehrertrag	Investitionskosten Erstellung (t²)	Anzahl Instandsetzungen	Intervall (Jahre)	Investitionskosten	Intervall (Jahre)	Investitionskosten	Intervall (Jahre)	Investitionskosten	Jahre	Betriebskosten	Betriebskosten abgezinst	Kumulierte Betriebskosten					
25'889'000		20	982'000	0	0.00	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25'388'000	20	2'205'000	0	0.00	0	0.00	0	0	0	0	0					
		Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst	Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst	Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst		1	447'286	425'987	425'987	1	8'000	7619	7619		Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst	Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst	Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst		1	298'520	284'305	284'305					
									2	447'286	417'873	843'859	2	8'000	7256	14875									2	298'520	271'943	556'248					
									3	447'286	409'913	1253'772	3	8'000	6911	21786									3	298'520	260'119	816'367					
		1	20	459'725	0	0.00	0	0.00	4	447'286	402'168	1'655'878	4	8'000	6582	28'808	1	20	1'932'274	0	0.00	0	0.00	0	0.00	4	298'520	248'809	1'065'176				
		2	40	217'691	0	0.00	0	0.00	5	447'286	394'446	2'050'324	5	8'000	6268	34'836	2	40	488'807	0	0.00	0	0.00	0	0.00	5	298'520	237'991	1'303'167				
		3	über 47 J.	0	0	0.00	0	0.00	6	447'286	386'933	2'437'257	6	8'000	5970	40'606	3	über 47 Jahre	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	6	298'520	227'643	1'530'810				
		4	über 47 J.	0	0	0.00	0	0.00	7	447'286	379'563	2'816'819	7	8'000	5685	46'291	4	über 47 Jahre	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	7	298'520	217'745	1'748'555				
		5	über 47 J.	0	0	0.00	0	0.00	8	447'286	372'333	3'189'152	8	8'000	5415	51'706	5	über 47 Jahre	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	8	298'520	208'278	1'956'833				
		6	über 47 J.	0	0	0.00	0	0.00	9	447'286	365'241	3'554'393	9	8'000	5157	56'863	6	über 47 Jahre	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	9	298'520	199'222	2'156'055				
		7	über 47 J.	0	0	0.00	0	0.00	10	447'286	358'284	3'912'677	10	8'000	4911	61'774	7	über 47 Jahre	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	10	298'520	190'560	2'346'614				
		8	über 47 J.	0	0	0.00	0	0.00	11	447'286	351'459	4'264'137	11	8'000	4677	66'451	8	über 47 Jahre	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	11	298'520	182'274	2'528'888				
		9	über 47 J.	0	0	0.00	0	0.00	12	447'286	344'765	4'608'902	12	8'000	4455	70'906	9	über 47 Jahre	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	12	298'520	174'349	2'703'237				
		10	über 47 J.	0	0	0.00	0	0.00	13	447'286	338'198	4'947'100	13	8'000	4243	75'149	10	über 47 Jahre	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	13	298'520	166'768	2'870'005				
		11	über 47 J.	0	0	0.00	0	0.00	14	447'286	331'756	5'278'856	14	8'000	4041	79'189	11	über 47 Jahre	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	14	298'520	159'517	3'029'522				
		12	über 47 J.	0	0	0.00	0	0.00	15	447'286	325'437	5'604'293	15	8'000	3848	83'037	12	über 47 Jahre	0	0	0.00	0	0.00	0	0.00	15	298'520	152'581	3'182'103				
									16	447'286	319'238	5'923'531	16	8'000	3665	86'702									16	298'520	145'947	3'328'050					
		Total pro Massnahme	677'416		0.00		0.00		17	447'286	313'157	6'236'689	17	8'000	3490	90'193			1'521'081		0.00		0.00		0.00	17	298'520	139'601	3'467'651				
									18	447'286	307'193	6'543'881	18	8'000	3324	93'517									18	298'520	133'531	3'601'182					
		Instandsetzungsmassnahme 1:	Ersatzinvestition gem. Amstein und Waltert alle 20 Jahre, insgesamt 2 mal						19	447'286	301'341	6'845'223	19	8'000	3166	96'683	Instandsetzungsmassnahme 1:	Ersatzinvestition gem. Amstein und Waltert alle 20 Jahre, insgesamt 2 mal						19	298'520	127'725	3'728'908						
									20	447'286	295'601	7'140'624	20	8'000	3015	99'698									20	298'520	122'172	3'851'079					
									21	447'286	289'971	7'430'796	21	8'000	2872	102'569									21	298'520	116'860	3'967'939					
		Instandsetzungsmassnahme 2:							22	447'286	284'448	7'715'243	22	8'000	2735	105'304	Instandsetzungsmassnahme 2:							22	298'520	111'779	4'079'718						
									23	447'286	279'030	7'994'273	23	8'000	2605	107'909									23	298'520	106'919	4'186'637					
									24	447'286	273'715	8'267'987	24	8'000	2481	110'389									24	298'520	102'270	4'288'906					
									25	447'286	268'501	8'536'488	25	8'000	2362	112'752									25	298'520	97'823	4'386'730					
									26	447'286	263'387	8'799'875	26	8'000	2250	115'001									26	298'520	93'570	4'480'299					
		Instandsetzungsmassnahme 3:							27	447'286	258'370	9'058'245	27	8'000	2143	117'144	Instandsetzungsmassnahme 3:							27	298'520	89'501	4'569'801						
									28	447'286	253'449	9'311'694	28	8'000	2041	119'185									28	298'520	85'610	4'655'411					
									29	447'286	248'621	9'560'315	29	8'000	1944	121'129									29	298'520	81'888	4'737'298					
									30	447'286	243'885	9'804'201	30	8'000	1'851	122'980									30	298'520	78'327	4'815'625					
									31	447'286	239'240	10'043'441	31	8'000	1'763	124'742									31	298'520	74'921	4'890'546					
									32	447'286	234'683	10'278'124	32	8'000	1'679	126'421									32	298'520	71'664	4'962'210					
									33	447'286	230'213	10'508'336	33	8'000	1'599	128'020									33	298'520	68'548	5'030'758					
									34	447'286	225'828	10'734'164	34	8'000	1'523	129'543									34	298'520	65'567	5'096'326					
									35	447'286	221'526	10'955'691	35	8'000	1'450	130'994									35	298'520	62'717	5'159'042					
									36	447'286	217'307	11'172'998	36	8'000	1'381	132'375									36	298'520	59'990	5'219'032					
									37	447'286	213'168	11'386'165	37	8'000	1'315	133'690									37	298'520	57'381	5'276'413					
									38	447'286	209'107	11'595'273	38	8'000	1'253	134'943									38	298'520	54'886	5'331'299					
		Mehrkosten gegenüber Lox-Ex.	7643'440 Mehrkosten 23.35%						39	447'286	205'124	11'800'397	39	8'000	1'193	136'136	Minderkosten gegenüber Fernwärme	-7643'440 Minderkosten -18.93%						39	298'520	52'500	5'383'799						
									40	447'286	201'217	12'001'614	40	8'000	1'136	137'273									40	298'520	50'217	5'434'016					
									41	447'286	197'384	12'198'999	41	8'000	1'082	138'355									41	298'520	48'034	5'482'050					
									42	447'286	193'625	12'392'623	42	8'000	1'031	139'386									42	298'520	45'945	5'527'995					
		Mehrertrag gegenüber Lox-Ex.	146'047						43	447'286	189'937	12'582'560	43	8'000	982	140'367	Minderertrag gegenüber Fernwärme	-146'047						43	298'520	43'948	5'571'943						
									44	447'286	186'319	12'768'879	44	8'000	935	141'302									44	298'520	42'037	5'613'979					
									45	447'286	182'770	12'951'649	45	8'000	890	142'193									45	298'520	40'209	5'654'188					
									46	447'286	179'289	13'130'937	46	8'000	848	143'041									46	298'520	38'461	5'692'649					
									47	447'286	175'874	13'306'811	47	8'000	808	143'848									47	298'520	36'788	5'729'437					
									48	447'286	172'524	13'479'335	48	8'000	769	144'617									48	298'520	35'189	5'764'626					
		Finanzverlust gegenüber Lox-Ex.	-7'497'393						49	447'286	169'237	13'648'572	49	8'000	733	145'350									49	298'520	33'659	5'798'285					
									50	447'286	166'014	13'814'586	50	8'000	698	146'047									50	298'520	32'195	5'830'480					
Investitionskosten Erstellung (t²)		Kosten Instandsetzung 1		Kosten Instandsetzung 2		Kosten Instandsetzung 3		Total Instandsetzung		Betriebskosten		Mehrertrag		Investitionskosten Erstellung (t²)		Kosten Instandsetzung 1		Kosten Instandsetzung 2		Kosten Instandsetzung 3		Total Instandsetzung		Betriebskosten									
25'889'000		677'416		0.00		0.00		677'416		13'814'586		146'047		25'388'000		1'521'081		0.00		0.00		1'521'081		5'830'480									
64.11%		1.68%		0.00%		0.00%		34.21%		0.36%		77.54%		4.65%		4.65%		0.00%		0.00%		17.81%											

Berechnung der Lebenszykluskosten auf 50 Jahre – Beispiel Raumklimatisierung: Vergleich Brüstungsgeräte Fan Coil mit Induktionsgerät

Anhang 8

Variante: „Erhöhter Wartungsaufwand Induktionsgerät“

Lebensdauer 50 Jahre Kosten in CHF										Bauteil 1: Fan Coil Diskontsatz: 4.00% Teuerung Bau: 1.1478%										Teuerung Betrieb: 0.4346%										Inflation gem. LİK -> kein Zuschlag										Eingabefeld Lebensdauer 50 Jahre Kosten in CHF										Bauteil 2: Induktionsgerät Diskontsatz: 4.00% Teuerung Bau: 1.1478%										Teuerung Betrieb: 0.4346%										Eingabefeld									
Erstellungskosten		Instandsetzungskosten Lebensdauer 50 Jahre, bei Alter von 47 Jahren wird nochmals investiert										Betriebskosten Eingabe Kosten / Jahr					Mehrertrag Variante: -					Erstellungskosten		Instandsetzungskosten Lebensdauer 50 Jahre, bei Alter von 47 Jahren wird nochmals investiert										Betriebskosten Eingabe Kosten/m2 und Jahr																																													
		Instandsetzung 1		Instandsetzung 2		Instandsetzung 3		Jahre		Betriebskosten		Kumulierte Betriebskosten		Jahre		Mehrertrag		Kumulierter Mehrertrag		Instandsetzungsmassnahme 1				Instandsetzungsmassnahme 2		Instandsetzungsmassnahme 3		Jahre		Betriebskosten		Kumulierte Betriebskosten																																															
Investitionskosten Erstellung (t ⁶)		Anzahl Instandsetzungen	Intervall (Jahre)	Investitionskosten	Intervall (Jahre)	Investitionskosten	Intervall (Jahre)	Investitionskosten	Intervall (Jahre)	Investitionskosten	Jahre	Betriebskosten	Betriebskosten abgezinst	Kumulierte Betriebskosten	Jahre	Mehrertrag	Mehrertrag abgezinst	Kumulierter Mehrertrag	Investitionskosten Erstellung (t ⁶)	Anzahl Instandsetzungen	Intervall (Jahre)	Investitionskosten	Intervall (Jahre)	Investitionskosten	Intervall (Jahre)	Investitionskosten	Jahre	Betriebskosten	Betriebskosten abgezinst	Kumulierte Betriebskosten																																																	
74'280			16	79'200	20	4'140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70'630		16	69'300	20	6'440	0	0	0	0	0	0	0																																																
			Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst	Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst	Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst	Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst	1	2'382	2'291	2'291	1	0	0	0			Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst	Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst	Massnahme im Jahr Nr.	Kosten abgezinst	1	4'147	3'987	3'987																																																	
											2	2'382	2'212	4'503	2	0	0	0									2	4'147	3'851	7'838																																																	
											3	2'382	2'136	6'639	3	0	0	0									3	4'147	3'719	11'556																																																	
		1	16	50'181	20	2'347	0	0	4	2'382	2'063	8'702	4	0	0	0	0			1	16	43'908	20	3'651	0	0	4	4'147	3'591	15'147																																																	
		2	32	32'159	40	1'346	0	0	5	2'382	1'992	10'694	5	0	0	0	0			2	32	28'139	40	2'093	0	0	5	4'147	3'468	18'615																																																	
		3	über 47 J.	0	über 47 J.	0	0	0	6	2'382	1'924	12'618	6	0	0	0	0			3	über 47 Jahre	0	über 47 Jahre	0	0	0	6	4'147	3'349	21'964																																																	
		4	über 47 J.	0	über 47 J.	0	0	0	7	2'382	1'858	14'476	7	0	0	0	0			4	über 47 Jahre	0	über 47 Jahre	0	0	0	7	4'147	3'234	25'199																																																	
		5	über 47 J.	0	über 47 J.	0	0	0	8	2'382	1'794	16'271	8	0	0	0	0			5	über 47 Jahre	0	über 47 Jahre	0	0	0	8	4'147	3'123	28'322																																																	
		6	über 47 J.	0	über 47 J.	0	0	0	9	2'382	1'733	18'003	9	0	0	0	0			6	über 47 Jahre	0	über 47 Jahre	0	0	0	9	4'147	3'016	31'338																																																	
		7	über 47 J.	0	über 47 J.	0	0	0	10	2'382	1'673	19'677	10	0	0	0	0			7	über 47 Jahre	0	über 47 Jahre	0	0	0	10	4'147	2'913	34'251																																																	
		8	über 47 J.	0	über 47 J.	0	0	0	11	2'382	1'616	21'293	11	0	0	0	0			8	über 47 Jahre	0	über 47 Jahre	0	0	0	11	4'147	2'813	37'064																																																	
		9	über 47 J.	0	über 47 J.	0	0	0	12	2'382	1'561	22'854	12	0	0	0	0			9	über 47 Jahre	0	über 47 Jahre	0	0	0	12	4'147	2'717	39'781																																																	
		10	über 47 J.	0	über 47 J.	0	0	0	13	2'382	1'507	24'361	13	0	0	0	0			10	über 47 Jahre	0	über 47 Jahre	0	0	0	13	4'147	2'623	42'404																																																	
		11	über 47 J.	0	über 47 J.	0	0	0	14	2'382	1'455	25'816	14	0	0	0	0			11	über 47 Jahre	0	über 47 Jahre	0	0	0	14	4'147	2'534	44'938																																																	
		12	über 47 J.	0	über 47 J.	0	0	0	15	2'382	1'406	27'222	15	0	0	0	0			12	über 47 Jahre	0	über 47 Jahre	0	0	0	15	4'147	2'447	47'385																																																	
									16	2'382	1'357	28'579	16	0	0	0	0										16	4'147	2'363	49'747																																																	
		Total pro Massnahme		82'340		3'693			17	2'382	1'311	29'890	17	0	0	0	0			Total pro Massnahme		72'048		5'744			0	17	4'147	2'282	52'029																																																
									18	2'382	1'266	31'156	18	0	0	0	0										18	4'147	2'204	54'233																																																	
		Instandsetzungsmassnahme 1:			Ersatz Fan Coil Endgeräte nach 16 Jahren				19	2'382	1'223	32'378	19	0	0	0	0			Instandsetzungsmassnahme 1:			Ersatz Induktions- Endgeräte nach 16 Jahren				19	4'147	2'128	56'361																																																	
					Zweimaliger Austausch in 50 Jahren				20	2'382	1'181	33'559	20	0	0	0	0										20	4'147	2'055	58'416																																																	
									21	2'382	1'140	34'699	21	0	0	0	0										21	4'147	1'985	60'400																																																	
		Instandsetzungsmassnahme 2:			Instandsetzung Leitungsnetz alle 20 Jahre				22	2'382	1'101	35'800	22	0	0	0	0			Instandsetzungsmassnahme 2:			Instandsetzung Leitungsnetz alle 20 Jahre				22	4'147	1'917	62'317																																																	
					Annahme 1/2 der Erstellungskosten				23	2'382	1'063	36'864	23	0	0	0	0										23	4'147	1'851	64'168																																																	
									24	2'382	1'027	37'890	24	0	0	0	0										24	4'147	1'787	65'955																																																	
									25	2'382	992	38'882	25	0	0	0	0										25	4'147	1'726	67'681																																																	
									26	2'382	958	39'840	26	0	0	0	0										26	4'147	1'667	69'348																																																	
		Instandsetzungsmassnahme 3:							27	2'382	925	40'764	27	0	0	0	0			Instandsetzungsmassnahme 3:								27	4'147	1'610	70'958																																																
									28	2'382	893	41'658	28	0	0	0	0										28	4'147	1'555	72'513																																																	
									29	2'382	862	42'520	29	0	0	0	0										29	4'147	1'501	74'014																																																	
									30	2'382	833	43'353	30	0	0	0	0										30	4'147	1'450	75'464																																																	
									31	2'382	804	44'157	31	0	0	0	0										31	4'147	1'400	76'864																																																	
									32	2'382	777	44'934	32	0	0	0	0			Induktionsgerät							32	4'147	1'352	78'216																																																	
									33	2'382	750	45'684	33	0	0	0	0										33	4'147	1'306	79'522																																																	
		Total Lifecycle-Kosten auf 50 J. CHF		215'450					34	2'382	724	46'409	34	0	0	0	0			Total Lifecycle-Kosten auf 50 Jahre CHF		244'399					34	4'147	1'261	80'783																																																	
									35	2'382	700	47'108	35	0	0	0	0										35	4'147	1'218	82'001																																																	
									36	2'382	676	47'784	36	0	0	0	0										36	4'147	1'176	83'177																																																	
									37	2'382	652	48'436	37	0	0	0	0										37	4'147	1'136	84'313																																																	
		Minderkosten gegenüber Induktionsger		-28'949	Minderkosten	-11.84%			38	2'382	630	49'067	38	0	0	0	0			Mehrkosten gegenüber Fan Coil		28'949	Mehrkosten	13.44%			38	4'147	1'097	85'409																																																	
									39	2'382	608	49'675	39	0	0	0	0										39	4'147	1'059	86'469																																																	
									40	2'382	588	50'263	40	0	0	0	0										40	4'147	1'023	87'492																																																	
									41	2'382	567	50'830	41	0	0	0	0										41	4'147	988	88'479																																																	
									42	2'382	548	51'378	42	0	0	0	0										42	4'147	954	89'433																																																	
		Mehrertrag gegenüber Induktionsger		0					43	2'382	529	51'907	43	0	0	0	0			Minderertrag gegenüber Fan Coil		0					43	4'147	921	90'355																																																	
									44	2'382	511	52'419	44	0	0	0	0										44	4'147	890	91'244																																																	
									45	2'382	494	52'912	45	0	0	0	0										45	4'147	859	92'103																																																	
									46	2'382	477	53'389	46	0	0	0	0										46	4'147	830	92'933																																																	
									47	2'382	460	53'849	47	0	0	0	0			Finanzverlust gegenüber Fan Coil		-28'949					47	4'147	801	93'734																																																	
									48	2'382	445	54'294	48	0	0	0	0										48	4'147	774	94'508																																																	
									49	2'382	429	54'723	49	0	0	0	0										49	4'147	747	95'255																																																	
									50	2'382	415	55'137	50	0	0	0	0										50	4'147	722	95'977																																																	
Investitionskosten Erstellung (t ⁶)		Kosten Instandsetzung 1		Kosten Instandsetzung 2		Kosten Instandsetzung 3		Total Instandsetzung	Betriebskosten	Mehrertrag		Investitionskosten Erstellung (t ⁶)		Kosten Instandsetzung 1		Kosten Instandsetzung 2		Kosten Instandsetzung 3		Total Instandsetzung	Betriebskosten			Kosten Instandsetzung 1		Kosten Instandsetzung 2		Kosten Instandsetzung 3		Total Instandsetzung	Betriebskosten																																																
74'280		82'340		3692.72		0.00		86'033	55'137	0		70'630		72'048		5'744.23		0.00		77'792	55'137	0		29'48%		2.35%		0.00%		31.83%	59'27%																																																
34.48%		38.22%		1.71%		0.00%		39.93%	25.59%	0.00%		28.90%		29.48%		2.35%		0.00%		31.83%	25.59%	0.00%		29.48%		2.35%		0.00%		31.83%	25.59%																																																

Berechnung der Lebenszykluskosten auf 50 Jahre – Beispiel Raumklimatisierung: Vergleich Brüstungsgeräte Fan Coil mit Induktionsgerät

Anhang 9

Variante: „doppelter Strompreis“

Lebensdauer 50 Jahre										Lebensdauer 50 Jahre									
Kosten in CHF										Kosten in CHF									
Bauzeit 1: Fan Coil										Bauzeit 2: Induktionsgerät									
Diskontsatz: 4.00%										Diskontsatz: 4.00%									
Teuerung Bau: 1.1478%										Teuerung Bau: 1.1478%									
Teuerung Betrieb: 0.4346%										Teuerung Betrieb: 0.4346%									
Inflation gem. LIK --> kein Zuschlag										Inflation gem. LIK --> kein Zuschlag									
Eingabefeld										Eingabefeld									
Erstellungskosten										Erstellungskosten									
Lebensdauer 50 Jahre, bei Alter von 47 Jahren wird nochmals investiert										Lebensdauer 50 Jahre, bei Alter von 47 Jahren wird nochmals investiert									
Instandsetzungskosten										Instandsetzungskosten									
Betriebskosten										Betriebskosten									
Eingabe Kosten / Jahr										Eingabe Kosten/m2 und Jahr									
Mehrertrag Variante: --										Mehrertrag Variante: --									
Eingabe Mehretrag/ Jahr										Eingabe Mehretrag/ Jahr									
Investitionskosten Erstellung (t²)										Investitionskosten Erstellung (t²)									
Anzahl Instandsetzungen										Anzahl Instandsetzungen									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									
Intervall (Jahre)										Intervall (Jahre)									
Investitionskosten										Investitionskosten									

Interview vom 10.05.2007 mit Heinz, Richter**Anhang 10**

Name: Heinz Richter

Unternehmen: Ernst Basler & Partner AG

Position/Tätigkeitsbereich: Leiter Geschäftsbereich Energie + Technik
Mitglied der Geschäftsleitung

Anschrift: Mühlebachstrasse 11, 8032 Zürich

Datum: 10.05.2007

Dauer des Interviews: ca. 2 h

Art des Interviews: Persönliches Gespräch

Thema, Fachgebiet: Haustechnik, Energie

Interviewleitfaden:

- Potentiale Betriebskostenoptimierung in der Gebäudetechnik
- Lebensdauer / Lebenszyklusbetrachtung / technische Komponenten, ganze Immobilie
- Entkoppelung der Systeme (Primär-, Sekundär-, Tertiärstrukturen)
- Kälte / Erdwärme, Hotel Dolder in Zürich
- Bauteilaktivierung TABS/ Masse / Nachtauskühlung
- 2000 Watt Gesellschaft, Alternative Energieträger, erneuerbare Energien, ökologische Systeme, Temperaturniveaus, Temperaturhub, Wirkungsgrad (COP)
- Staatliche Steuerungsmechanismen, Kältemittel, Graue Energie, Internalisierung externer Kosten, CO₂-Abgabe, Kyoto-Protokoll, fossile Energieträger, Energiepreisssteigerungen / Ressourcenverknappung
- Gebäudeausrichtung / Lage der Fensterflächen, u-Werte, g-Werte, Beschattungssysteme
- Klima/Kälte: hybrider Wasser-Rückkühler versus Trockenrückkühler

Interview vom 11.05.2007 mit Werner, Achermann**Anhang 11**

Name: Werner Achermann

Unternehmen: MIBAG Property + Facilitymanagement AG

Position/Tätigkeitsbereich: HLK-Planer
(63-jährig, langjährige Erfahrung)

Anschrift: Dammstrasse 16, 6301 Zug

Datum: 11.05.2007

Dauer des Interviews: ca. 1 1/2 h

Art des Interviews: Persönliches Gespräch

Thema, Fachgebiet: Haustechnik, Energie

Interviewleitfaden:

- Potentiale Betriebskostenoptimierung in der Gebäudetechnik
- Entkoppelung der Systeme (Primär-, Sekundär-, Tertiärstrukturen)
- Grundausbau Technik; Reserveinstallationsräume und Flächen, Steigzonen / Mieterausbau Technik; individuelle Nachrüstbarkeit
- Nutzerbedürfnisse, europäisch, amerikanisch
- Energiepreise / Ressourcenverknappung
- Alternative Energieträger
- Staatliche Steuerungsmechanismen, CO₂-Abgabe
- Bauteilaktivierung TABS/ Masse / Nachtauskühlung
- Gebäudeausrichtung / Lage der Fensterflächen, u-Werte, g-Werte, Beschattungssysteme
- Kühlsysteme, Befeuchtung, Wasserenthärtung, Verdunsterprinzip, Stromkosten

Interview vom 11.06.2007 mit Daniel, Berti**Anhang 12**

Name: Daniel Berti

Untnehmen: Wetrok AG

Position/Tätigkeitsbereich: Head Professional Support
Tätigkeitsbereich Beratung
Sohn von Heinrich Berti, Autor diverser
Fachliteratur im Reinigungsbereich

Anschrift: Steinackerstrasse 62, 8302 Kloten

Datum: 11.06.2007

Dauer des Interviews: ca. 2 1/2 h

Art des Interviews: Persönliches Gespräch

Thema, Fachgebiet: Gebäudereinigung

Interviewleitfaden:

- Kostenanfall und Kostentreiber in der Gebäudereinigung
- Bodenbeläge / Einsatzgebiete
- Reinigungskosten / Preise nach Lutz; KBOB / Preisentwicklung
- Reinigungsleistung
- Werterhaltung von Böden
- Moderne Reinigungsmethoden
- Entwicklung der Branche

Literaturverzeichnis

Aeppli, Heinz (Hrsg.): Schweizerisches Obligationenrecht, 31. überarbeitete Aufl., Zürich 2000.

Amstein + Walther (Hrsg.): Testplanung Hardturm-Areal Zürich – Energie und Haustechnik Pflichtenheft und Versorgungskonzept, Version 2 vom 01.02.2007, Zürich 2007.

Amstein + Walther (Hrsg.): Hardturm-Areal Zürich – Energiekonzept „Low-Exergie“, Präsentation vom 15.02.2007, Zürich 2007.

Bracke, Rolf et al.: Wärmepumpen und oberflächennahe Geothermie, in: Forschungsverbund Sonnenenergie/Landesinitiative Zukunftsenergien NRW (Hrsg.): Wärme und Kälte – Energie aus Sonne und Erde, Themen 2005, Köln 2005, S.81-87.

Braun, Ernst-August/Menkhoff, Herbert/Sagebiel, Ulrich: Baunutzungskosten im Schulbau - Reinigung und Energie, Studien 25, Schriften des Schulbauinstituts der Länder, Heft 105, Stuttgart 1975.

Bundesamt für Energie BFE (Hrsg.): Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2005, Bern 2006.

Bundesamt für Statistik BFS (Hrsg.): Schweizerischer Baupreisindex, Kommentierte Ergebnisse und Tabellen Oktober 2006, Neuchâtel 2006.

Bundesamt für Statistik BFS (Hrsg.): Schweizerischer Baupreisindex - Entwicklung der Baupreise, <<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/05/05/blank/key/baupreisindex/regionen.Document.88738>>, Abrufdatum: 09.06.2007.

Bundesamt für Statistik BFS (Hrsg.): Landesindex der Konsumentenpreise, <<http://www.bsf.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/05/02/blank/data/lex.Document.88044.xls>>, Abrufdatum: 09.06.2007

Bundesamt für Statistik BFS (Hrsg.): Schweizerischer Lohnindex – 1993-2006, <<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/03/04/blank/data/02.Document.76557>>, Register T1.93 Nominallohnindex, Register T2.93 Reallohnindex, Abrufdatum: 09.06.2007.

Bundesamt für Statistik BFS (Hrsg.): Panorama – Preise 2000-2006, Erscheinungsdatum: 02/2007, <<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/05/01/pan.html>>, Abrufdatum: 10.06.2007.

Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation: Co2 und Klima, <<http://www.uvek.admin.ch/themen/umwelt/00640/00839/index.html?lang=de>>, Abrufdatum: 27.06.2007.

DIN Deutsches Institut für Normierung (Hrsg.): DIN 276 - Kosten im Hochbau, Berlin 1993.

DIN Deutsches Institut für Normierung (Hrsg.): DIN 18960 - Nutzungskosten im Hochbau, Berlin 1999.

Dyllick-Brenzinger, Frank: Betriebskosten von Büro- und Verwaltungsgebäuden - Vorauermittlung des Aufwands für Gebäudereinigung, Wasser und Abwasser, Wärme und Kälte, Strom; Bedienung, Wartung und Inspektion sowie Verkehrs- und Grünflächen, Bd. 21: Schriftenreihe des Institutes für Baubetriebslehre der Universität Stuttgart (TH), Wiesbaden/Berlin 1980.

Ehrenheim, Frank: Organisation Grundlagen FM (1. Teil), Skriptum Fachhochschule Giessen-Friedberg, <<http://www.fsz-friedberg.de/material/Schnupperecke-Grundlagen-FM.pdf>>, Erscheinungsdatum: 6/2003, Abrufdatum: 05.05.2007.

Ferle, Anton/Essl, Otmar: Praxis- und Passivhaustaugliche Sanierungssysteme für Dach und Wandbauteile unter Verwendung von Hochleistungswärmedämmsystemen, in: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Hrsg.): Berichte aus Energie- und Umweltforschung, 76/2006, Wien 2006.

FIGR Forschungs- und Prüfinstitut für Facility Management GmbH (Hrsg.): FIGR-Bericht Nr. 2 – Baunutzungskosten von Fussbodenbelägen, 7. überarbeitete Aufl., Metzinger 2004.

Fröhlich, Peter J.: Hochbaukosten - Flächen- Rauminhalte – DIN 276-DIN 277-DIN 18960 Kommentar und Erläuterungen, 13. überarbeitete Aufl., Wiesbaden 2006.

Gantenbein, Kurt: Immobilienrentabilisierung und Wertsteigerung, in: Schalcher, Hans-Rudolf (Hrsg.): Immobilienmanagement – Finanzierung und Bewirtschaftung von Geschäftsliegenschaften, Zürich 2003, S.89-103.

GEFMA Deutscher Verband für Facility Management e.V.(Hrsg.): GEFMA 220-1 - Lebenszykluskostenrechnung im FM, Entwurf, Bonn 2006.

Geltner, David M./Miller, Norman G.: Commercial Real Estate and Investments, Australia/Canada/ Mexico/Singapore/Spain/United Kingdom/United States 2001.

Giek Kurt: Technische Formelsammlung, 28. erweiterte Aufl., Heilbronn 1984.

Girmscheid, Gerhard: Risikobasiertes probabilistisches LC-NPV-Modell - Bewertung alternativer baulicher Lösungen, in: Bauingenieur, 2006, Sonderdruck aus Bauingenieur, 9/2006, Band 81, 394-405.

Gugerli, Heinrich/Gilgen, Daniel/Berti, Heinrich: Gebäudereinigung richtig geplant, in: Schweizer Ingenieur und Architekt, 1997, 3/1997, S. 23-27.

Hauseigentümerverband Schweiz (Hrsg.): Lebensdauertabelle, <<http://www.hev-schweiz.ch/2851.0.html>>, Abrufdatum: 09.06.2007

Herzog, Kati: Lebenszykluskosten von Baukonstruktionen – Entwicklung eines Modells und einer Softwarekomponente zur ökonomischen Analyse und Nachhaltigkeitsbeurteilung von Gebäuden, „Diss.“, Darmstadt 2005.

Jochem, Eberhard/Jakob, Martin: Kosten und Nutzen – Wärmeschutz bei Wohnbauten, Bern 2003.

Jones Lang LaSalle (Hrsg.): OSCAR 2006 Büronebenkostenanalyse, <<http://www.research.joneslanglasalle.com/download.asp?DocumentID=4387&LanguageID=12>>, Erscheinungsdatum: 09/2006, Abrufdatum 15.05.2007.

KBOB Koordination der Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes (Hrsg.): Bodenbeläge im Bürobau – Vergleich über 50 Jahre, 2000/1, Bern 2000. <[http://www.stadtzuerich.ch/internet/hbd/home/beraten/fachstellen/nachhaltiges_bauen/Vorgaben_fuer_staedische_Bauprojekte.ParagraphContainerList.ParagraphContainer1.ParagraphList.0022.File.pdf/%d6ko%203.27.1%20Bodenbel%e4ge\(KBOB2000_1\).pdf](http://www.stadtzuerich.ch/internet/hbd/home/beraten/fachstellen/nachhaltiges_bauen/Vorgaben_fuer_staedische_Bauprojekte.ParagraphContainerList.ParagraphContainer1.ParagraphList.0022.File.pdf/%d6ko%203.27.1%20Bodenbel%e4ge(KBOB2000_1).pdf)>, Erstellungsdatum: 04/2000, Abrufdatum: 15.05.2007.

Koradi, Rudolf: Energie & Immobilie in: Currem Vorlesung, 25. August 2006.

Krimmling, Jörn/Oelschlegel, Joachim/Hörschele, Viktor: Technisches Gebäudemanagement – Instrumente zur Kostensenkung in Unternehmen und Behörden, 2. Aufl., 2005 Renningen.

Leibundgut, Hansjürg: Wir brauchen einen Technologiewandel, in: Haustech, 2007, 03/2007, S. 30-33.

Leopoldsberger, Gerrit/Thomas, Matthias: Bewertung von Unternehmensimmobilien, in: Schulte, Karl-Werner/Schäfers, Wolfgang (Hrsg.): Handbuch corporate real estate management, Köln 1998, S. 117-153.

Menkhoff, Herbert: Baustoffe und Bauunterhaltungskosten – Wirtschaftlich günstige Relation von Herstellungs- und Unterhaltungskosten der Gebäude, in: Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.): Schriftenreihe „Bau und Wohnforschung“, 051, Bonn 1979.

MINERGIE (Hrsg.): MINERGIE – Das Qualitätslabel-kurzgefasst, <<http://www.minergie.ch/index.php?service-1.1>>, Erstellungsdatum: 03/2007, Abrufdatum: 25.08.2006.

Muser, Bernd/Drings, Hans-Rüdiger: Baunutzungskosten DIN 18960 – Erfahrungswerte und praktische Verwendung bei Planung und Betrieb von Gebäuden, Braunschweig 1977.

Naber, Sabine: Planung unter Berücksichtigung der Baunutzungskosten als Aufgabe des Architekten im Feld des Facility Management, Bd. 24, Reihe 37: Europäische Hochschulschriften, „Diss.“, Frankfurt am Main/Berlin/Bern/Bruxelles/New York/Oxford/Wien 2002.

Nipkow, Jürg: Elektrizitätsverbrauch und Einspar-Potentiale bei Aufzügen, im Auftrag des Bundesamtes für Energie BFE, <<http://bfe.admin.ch/php/modules/enet/stramfile.php?file=000000008982.pdf&name=000000250057.pdf>>, Erstellungsdatum: 24.11.2005, Abrufdatum 02.07.2007.

Pelzeter, Andrea: Lebenszykluskosten von Immobilien, Bd. 36: Schriften zur Immobilienökonomie, „Diss.“, Köln 2006.

pom+Consultng AG (Hrsg.): FM Monitor 2005 – Baubegleitende FM-Planung, Zürich 2005.

Richter, Heinz (2006): Technik und Gebäudehülle, in: Currem Vorlesung, 27. August 2006.

Ritz, Kurt (2006): Ertragswert- und DCF-Methode, in: Currem Vorlesung, 27. Oktober 2006.

SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architekten- Verein (Hrsg.): SIA Dokumentation D 0137 – Checklisten für energiegerechtes, ökologisches Planen und Bauen, Zürich 1996.

SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architekten- Verein (Hrsg.): SIA Dokumentation D 0165 – Kennzahlen im Immobilienmanagement, Zürich 2000.

SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architekten- Verein (Hrsg.): SIA Norm 469 – Erhaltung von Bauwerken, Zürich 1997.

SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architekten- Verein (Hrsg.): SIA Norm 480 – Wirtschaftlichkeitsrechnung für Investitionen im Hochbau, Zürich 2004.

Siegel, Curt/Wonneberg Rudolf: Bau- und Betriebskosten von Büro- und Verwaltungsbauten – Eine Auswertung der Daten von 110 ausgeführten und in Betrieb genommenen Gebäuden, 2., durchgesehene Aufl., Wiesbaden/Berlin 1979.

Sinnesbichler, Herbert et al.: Energieeffiziente Bauwerke aus Beton, in: Deutscher Ausschuss für Stahlbeton/Bundesanstalt für Materialforschung und- prüfung (Hrsg.): Statusseminar zum Verbundforschungsvorhaben „Nachhaltig Bauen mit Beton“, Berlin 2006, S. 51 – 64.

Stoy, Christian: Benchmarks und Einflussfaktoren der Baunutzungskosten, „Diss.“, Zürich 2005.

Stoy, Christian: Baukostenplanung in frühen Projektphasen, Zürich 2007.

Voss, Karsten et al.: Bürogebäude mit Zukunft – Konzepte Analysen Erfahrungen, Köln 2005.

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Masterthesis

*„Life-Cycle-Betrachtung bezüglich Interdependenzen zwischen
Investitions- und Betriebskosten bei Geschäftshäusern“*

selbst angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Baar, den 19. Juli 2007
